No. 2.3/N7 DEPARTMENT OF
22025 537.05 LU
LIBRARY OF Vol. 11
University of Illinois.
Books are not to be taken from the Library Room.

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

A1752

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

JOURNAL UNIVERSEL D'ÉLECTRICITÉ

Revue Scientifique Illustrée

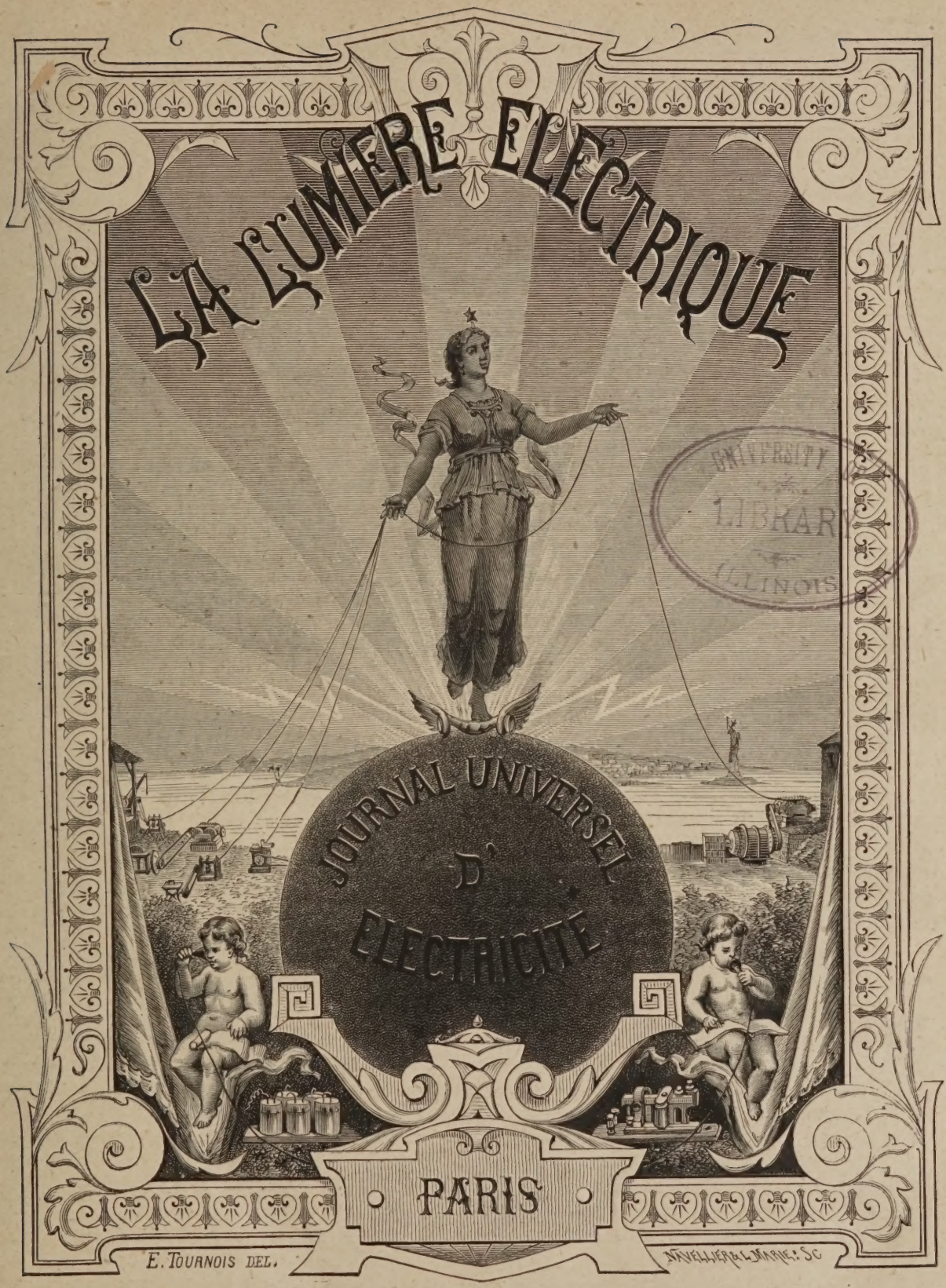
Publiée sous la Direction scientifique de M. Th. DU MONCEL

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ
LUMIÈRE ÉLECTRIQUE — TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE
SCIENCE ÉLECTRIQUE, ETC.

TOME ONZIÈME

PARIS
AUX BUREAUX DU JOURNAL
51, — Rue Vivienne, — 51

1884



UNIVERSITY
LIBRARY
ILLINOIS

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

51, rue Vivienne, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ. — DIRECTEUR SCIENTIFIQUE : TH. DU MONCEL

ADMINISTRATEUR : H. SARONI

6e ANNÉE (TOME XI) SAMEDI 5 JANVIER 1884 N° 1

SOMMAIRE

Aux lecteurs; Cornelius Herz. — Des progrès de la science électrique en 1883; Th. du Moncel. — Transport et distribution de l'énergie par l'électricité; Marcel Deprez. — Le transport électrique de la force, travaux de M. Marcel Deprez. — Résumé des expériences; Frank Geraldy. — Sur diverses dispositions des accumulateurs et sur leur formation; Gaston Planté. — L'éclairage du parc Monceau avec des bougies Jablochkoff; P. Clémenceau. — Les orages dans la Haute-Italie; A. Angot. — Les applications de l'électricité à la navigation aérienne; Gaston Tissandier. — Note sur une nouvelle horloge électrique; Eugène Sartiaux. — Nouveaux perfectionnements apportés à la lampe-soleil; Aug. Guerout.

AUX LECTEURS

L'année 1883 vient de se fermer. On ne peut dire qu'elle ait été très éclatante au point de vue des découvertes. Toutes les années ne peuvent pas l'être, il faut de temps en temps des périodes de travail plus paisibles pour expérimenter, développer, faire passer dans la pratique les idées que le génie des inventeurs a fait éclore dans les journées plus fécondes. Ces époques de labeur tranquille, pour avoir moins d'éclat dans l'histoire de la science n'ont pas moins de valeur au point de vue du progrès et de l'utilité.

Le journal *La Lumière Électrique* est resté, cette année comme toujours, le serviteur zélé et fidèle de la science, il a enregistré chacun de ses actes avec un soin scrupuleux, sachant que rien n'est à négliger dans ses manifestations, et que, si l'on doit apprécier la valeur relative des travaux, il n'en est cependant aucun qu'il soit permis de dédaigner, pourvu qu'il soit consciencieux. La matière ne lui a certes pas fait défaut; la science électrique est riche, et tous les jours devient plus riche encore; l'embarras n'est pas de remplir les feuilles du journal, mais, au contraire, de choisir entre les matériaux qui abondent.

La cinquième année de notre publication vient de se terminer, *La Lumière Électrique* compte actuellement dix volumes. Elle forme un vaste compendium de documents relatifs à l'électricité. Mais les difficultés des recherches rendent souvent inefficace cette importante source d'informations. Nous avons donc jugé utile de dresser une table générale des matières pour les cinq premières années de *La Lumière Électrique*. Cette annexe aux dix premiers volumes sera publiée très prochainement et donnera à la collection du Journal la valeur d'un véritable dictionnaire d'électricité.

Dorénavant le nombre des pages du journal sera porté de trente-deux à quarante. Le présent numéro est, par exception, de cent pages. *La Lumière Électrique* comprendra ainsi quatre volumes par an. La quantité de travaux sérieux qui se pressent, tant en France qu'à l'étranger, la part trop petite faite dans nos colonnes aux exposés théoriques, l'extension toujours croissante de la science, tout nous impose cet agrandissement.

En dehors de ces modifications, le journal conservera sa forme et ses traditions. Il peut aujourd'hui s'appuyer avec confiance sur un succès déjà long et qui tous les ans s'agrandit; nous sommes heureux de pouvoir le dire. L'approbation des hommes de science, le nombre croissant des lecteurs, nous donnent la certitude que la direction suivie est bonne. Nous avons aimé la science pour elle-même, nous passionnant pour ce que nous croyions vrai, mais cherchant avec un esprit impartial la vérité de quelque endroit qu'elle vint. La sympathie qui accompagne le journal nous affermit dans cette ligne de conduite et nous persévérerons dans la voie que nous avons suivie jusqu'ici.

CORNELIUS HERZ.

DES PROGRÈS DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE EN 1883

Quand on suit pendant quelques années les progrès des sciences, on voit de temps à autre surgir tout à coup au milieu d'un progrès général et incessant, des découvertes capitales qui ouvrent de nouvelles voies, et ces nouvelles voies se trouvent ensuite exploitées successivement pendant plusieurs années par des milliers de chercheurs pour en tirer le meilleur parti possible; mais comme rien dans ces recherches de détails n'a fait sensation, on croit généralement qu'il y a eu arrêt dans la marche de la science. Ceci est une erreur; il ne peut pas y avoir d'arrêt dans l'avancement des sciences, et si depuis deux ans aucune grande découverte comme celle du téléphone, du transport de la force électromotrice n'est venue émotionner le monde, on peut dire que les conditions d'application de ces découvertes sont en grand progrès, et qu'on commence à en recueillir les fruits.

Aujourd'hui, en effet, comme on a pu le voir par nos articles sur la téléphonie, la plupart des grandes villes du monde ont des réseaux téléphoniques, et on s'occupe maintenant en Amérique de relier les villes entre elles. Déjà plusieurs liaisons de ce genre ont été effectuées dans de bonnes conditions, et il ne sera pas impossible que d'ici à quelques années on puisse converser avec des personnes qui vous sont chères dans différents pays; mais ce qui a été l'événement scientifique de l'année qui vient de s'écouler, ce sont les belles expériences du transport de la force, faites à la gare du Nord et de Vizille à Grenoble. Le journal *La Lumière Electrique* a parlé longuement de ces essais dans plusieurs de ses numéros, et il complète aujourd'hui même ses descriptions par la représentation pittoresque de ces expériences à Grenoble; nous ne ferons que faire ressortir l'importance des résultats obtenus, résultats que des questions de concurrence et de rivalité ont voulu amoindrir, mais qui n'en restent pas moins d'une très grande importance pour la science.

En 1882, comme nous l'avons fait ressortir dans notre dernière revue, M. Marcel Deprez avait montré par ses mémorables expériences de Munich que la force motrice pouvait être transportée à de longues distances (57 kilomètres), par l'intermédiaire de simples fils télégraphiques avec un rendement déjà très satisfaisant. On n'avait jamais, jusque-là, voulu admettre que la solution du problème fût possible et surtout que le rendement fût indépendant de la distance entre les deux organes moteurs, principe démontré par M. Deprez dès 1881. Pour amoindrir les résultats qu'il avait obtenus, on contesta ses formules, on nia ses évaluations du rendement, et on voulut faire entrer dans les formules des expériences qui auraient réduit le travail théorique à un chiffre plus bas que le travail mesuré mécaniquement. D'autres prétendirent qu'en plaçant les deux organes moteurs à une aussi grande distance, on voulait empêcher la vérification des résultats annoncés. Enfin on déploya tant d'arguments pour écraser ces importantes expériences qu'on crut nécessaire de les répéter plus en grand à Paris. Cette fois, pour qu'on pût faire facilement les vérifications, on plaça les deux moteurs l'un près de l'autre, et on fit passer le circuit par une ligne télégraphique aérienne d'une longueur et d'une résistance connues. Ces expériences furent faites à la gare du Nord, et le fil qui réunissait les deux machines passait par le Bourget avec une longueur de 16 kilomètres. Le circuit présentait une résistance mesurée de 160 ohms. On put obtenir comme on l'a vu un rendement de 48 pour 100. Mais alors les sentiments envieux qui s'étaient manifestés lors des expériences de Munich ne tardèrent pas à se faire jour sous une autre forme. Cette fois on prétendit que la plus grande partie du courant qui traversait les deux machines ne passait pas par le circuit dans toute sa longueur, et que ce qui s'en perdait par les dérivations était favorable au développement de la force transmise, par conséquent que les expériences en question ne prouvaient rien.

On le prouva même par les x, et on ne s'imagine pas tout ce que l'on fait dire aux x, quand on veut les employer pour défendre une mauvaise cause. Ce qui est curieux, c'est que j'avais prévu ces objections et j'en avais prévenu M. Marcel Deprez, car je les ai vues se reproduire dans toutes les expériences où le circuit était disposé en *boucle*, et certes elles ne sont pas neuves. Mais quand on arrive à calculer les pertes dans de pareils circuits sur une ligne bien construite et si peu longue, on reconnaît qu'elles sont excessivement minimes.

Quoi qu'il en fût, ces attaques injustes et non désintéressées forcèrent M. Deprez de recommencer ses essais dans les conditions de l'application, et, cette fois, grâce au zèle éclairé du maire de Grenoble, on put établir ces belles expériences dont on s'est tant occupé dans ces derniers temps, et qui ont pu démontrer qu'avec une simple turbine placée à Vizille, on pouvait transmettre une force de 8 chevaux avec un rendement effectif de 62 pour 100. Cette fois le circuit n'était plus en boucle, ce qui n'a pas empêché les adversaires de M. M. Deprez de recommencer leurs attaques et même de faire publier par un journal anglais ordinairement sage et bien inspiré, un article aussi faux qu'injurieux. Voilà où peuvent conduire les sentiments

de jalousie et de rivalité. Toutefois ce déploiement de plaidoyers hostiles ne put réussir à tromper une maison financière puissante qui s'intéressait à cette affaire, et aujourd'hui la maison Rothschild va entreprendre des expériences sur une grande échelle, qui auront pour but de démontrer que le transport d'une force de 100 chevaux à une distance de 51 kilomètres, peut s'effectuer avec un rendement de 50 pour 100. La machine transmettrice sera donc actionnée par une force de 200 chevaux, et on espère pouvoir répartir les 100 chevaux transportés sur 3 points différents. Ce serait un commencement de distribution de la force, ce qui est aussi le problème qu'on cherche à résoudre en ce moment.

Bien que tous les jours on prenne de nouveaux brevets sur les machines dynamo-électriques, ce sont toujours les types connus tels que ceux de Gramme, de Siemens, de Schuckert, de Bürgin, de Brush, etc., qui sont les plus employés. Cependant la machine Ferranti est de plus en plus appréciée, ce qui a engagé son auteur à la disposer de manière à fournir des courants continus. Aujourd'hui cette machine fournit de très bons résultats, et c'est un type qui restera évidemment. Nous parlerons plus loin des types combinés par M. Marcel Deprez, et dont les rapports de MM. Tresca et Cornu ont constaté la supériorité, mais nous savons qu'en ce moment M. Marcel Deprez a combiné de nouvelles dispositions gardées encore secrètes, mais qui auront un jour un certain retentissement.

En attendant que le transport de la force soit effectué d'une manière tout à fait industrielle, on établit de différents côtés quelques chemins de fer électriques. Les plus importants en dehors de celui de Licheterfelde construit en 1881 et qui a une longueur de 2 520 mètres, sont ceux de Sandwort à Kostverleren (Hollande) qui a 2 100 mètres, celui de Bush à Bushaven (Irlande) qui a 10 kilomètres; ceux de Portrush, de Rochester, de Brighton dont il a été question dans ce journal, ainsi que plusieurs autres en projet ou en partie exécutés, tels que ceux de Moorside à Halifax, de Charring Cross, et quelques-uns en Autriche, en Allemagne et en Amérique. On s'occupe même sérieusement en Angleterre des chemins de fer électriques aériens; et le professeur Fleeming Jenkin a publié sous le titre de *Telpherage électrique* plusieurs articles intéressants qui ont été résumés par M. Geraldy dans ce journal.

Il est certain que la question du transport de la force est celle qui préoccupe le plus en ce moment les esprits, et un grand nombre de savants, dans les différents pays, l'ont traitée à divers points de vue d'une manière remarquable. Parmi les travaux importants qui ont été publiés en 1883, nous citerons ceux de MM. Ayrton et Perry, Clausius, Siemens, Fleeming Jenkin, Silvanus Thompson. Néanmoins, les industriels ne regardent pas encore la question comme assez avancée pour établir de grandes installations, et même les spécialistes se disputent encore sur les conditions dans lesquelles le transport électrique de la force peut être avantageux. Suivant les uns, on ne doit songer à l'appliquer qu'à très petite distance pour éviter les tensions électriques trop fortes; suivant les autres, ce n'est qu'à grande distance que ce système peut présenter des avantages, attendu que, comme on ne peut déplacer les centres industriels, ce sont les forces éloignées qui n'ont pas été utilisées qui doivent leur être amenées. A petite distance il existe des systèmes de transmissions mécaniques ou hydrauliques, ou par l'air comprimé qui peuvent résoudre le problème plus économiquement. Nous sommes tout à fait de cet avis. Les grandes expériences entreprises par la maison Rothschild, pourront du reste bientôt nous fixer sur ce que nous devons attendre de cette application électrique.

Quant aux machines dynamo-électriques elles-mêmes, on continue à créer des modèles plus ou moins nouveaux, et quelques inventeurs s'attachent même aujourd'hui à un genre de machines que l'on croyait, il y a peu de temps, encore plus curieuses qu'utiles, mais qui paraissent cependant présenter quelques avantages au point de vue de la galvanoplastie. Je veux parler des machines unipolaires. On en voyait une de ce genre à l'Exposition électrique de 1881; mais depuis on en a construit d'autres dans de meilleures conditions, et les plus importantes sont celles de MM. Feraris, Floyd Delafield, de Tromelin, etc., qui ont été décrites dans le tome X de ce journal, pages 151, 311, et le journal l'*Electricité*, tome VI, page 594. Je ne parle pas, bien entendu, de la machine de Bell, dite unipolaire, mais qui n'est qu'une machine ordinaire à deux anneaux excités isolément par un seul pôle de l'inducteur, par conséquent qui ne répond pas aux machines du type dont nous parlons en ce moment. Nous aurons encore à citer parmi les nouvelles machines celle à double anneau de M. Deprez, dans laquelle les pôles inducteurs agissent sur les anneaux suivant leur ligne axiale, ce qui fait que le champ des pôles magnétiques de l'inducteur se trouve augmenté de celui des solénoïdes qui l'entourent, et il en résulte que comme ces derniers ne peuvent jamais être saturés, la caractéristique de ces machines ne peut jamais s'abaisser.

Mais le plus grand perfectionnement qui a été apporté à la construction de ces machines en général, a été celui que M. Marcel Deprez avait déjà indiqué en 1881 pour résoudre le problème de la distribution économique de l'électricité et au moyen duquel la différence de potentiel reste constante aux bornes de la machine, quelles que soient les variations de la résistance du circuit extérieur.

Ce résultat avait été obtenu, comme on doit se le rappeler, au moyen d'une double hélice enroulée sur les inducteurs, l'une en fil gros, l'autre en fil fin. Dans ces conditions, quand le rapport de résistance de ces deux hélices est convenablement calculé, la caractéristique de la machine se trouve comprise entre une courbe qui s'abaisse avec la diminution de résistance du circuit et qui correspond à l'hélice de gros fil, et à une courbe qui, pour la même diminution, s'élève avec l'hélice de fil fin; de sorte que la caractéristique résultante se trouve maintenue en ligne à peu près droite. Dans le système de M. M. Deprez qui a été expérimenté à l'Exposition de 1881, l'hélice en gros fil était parcourue par un courant indépendant provenant d'une machine spéciale; mais dans les nouvelles machines, c'est une dérivation du courant qui remplit ce rôle; les effets produits sont d'ailleurs les mêmes, et ce qui est curieux, ce système qui avait été critiqué par les Allemands en 1881, est maintenant si bien employé par eux que presque toutes les machines qui figuraient à l'Exposition de Vienne de cette année, étaient ainsi disposées. Il est vrai que pour en dissimuler l'origine, on leur avait ajouté le nom de *Compound*. Un brevet a même été pris en Angleterre par MM. Crompton et Gilbert Kapp, pour cette disposition qui, suivant eux, aurait permis à une machine de conserver la même force électromotrice, en faisant varier la résistance du circuit extérieur de l'infini à 0,75 ohm et l'intensité du courant de 2 à 80 ampères.

Nous devons encore citer parmi les travaux se rapportant aux machines dynamo-électriques, celui de MM. Ayrton et Perry qui ont prétendu que pour obtenir les effets électriques les plus grands possibles d'une génératrice, il fallait que les inducteurs présentassent le plus de masse de fer possible, mais que pour obtenir de ces machines le meilleur rendement mécanique comme transport de la force, il fallait, au contraire, que la machine appelée à tourner, présentât le moins de masse possible. Les résultats fournis par MM. Ayrton et Perry n'ont pas été cependant supérieurs à ceux qu'on a obtenus avec les autres systèmes, comme on a pu le voir dans un article consacré à ce système dans le journal *La Lumière Electrique* du 27 octobre 1883, p. 276.

On parle aussi d'une nouvelle machine Hopkinson-Edison, qui donnerait de meilleurs effets que les premiers types d'Edison, par suite du raccourcissement des branches de l'inducteur et de la substitution aux noyaux multiples d'un noyau unique oblong. Il est certain qu'il ne faut pas une grande ingéniosité pour avoir fait cette substitution qui avait du reste été réalisée par M. Edison lui-même depuis plus d'une année.

Des travaux théoriques importants sur les machines dynamo-électriques ont été également publiés dans le cours de l'année 1883. On s'est surtout occupé des effets produits dans l'anneau Gramme et des causes qui intervenaient pour que la position des balais ne correspondît pas exactement à la ligne équatoriale du champ magnétique des inducteurs, MM. Cuningham et Isenbeck ont fait sur cette double question des expériences très intéressantes, que j'ai étudiées et commentées dans trois articles, insérés dans le tome IX de *La Lumière Électrique*, p. 513, et dans le tome X, p. 149, 153, 449 et 513. D'un autre côté on s'est occupé d'une manière plus complète qu'on ne l'avait fait jusqu'ici des actions parasites développées dans les machines dynamo-électriques. Certains physiciens ont même voulu donner des formules pour les exprimer afin d'en tenir compte dans les formules du travail des machines; mais comme les lois de ces actions sont encore inconnues, ces formules ne signifient rien, et pourraient être remplacées avantageusement jusqu'à nouvel ordre par des constantes qui devraient sans doute varier suivant la masse des machines et l'intensité des courants développés. Il est certain que malgré les théories que croient en avoir données MM. Frœlich et S. Thompson, il reste encore beaucoup à faire pour obtenir une expression mathématique parfaitement exacte.

Bien que l'enthousiasme pour l'éclairage électrique se soit ralenti en Angleterre et en France à la suite de désastres financiers qu'il était facile de prévoir et que nous avions annoncés dans notre dernière revue, les essais se continuent partout, et on cherche sérieusement à l'employer d'une manière courante dans certaines villes. Mais c'est surtout à l'étranger que ces sortes d'éclairages se montrent sous leur plus beau jour. A Milan, la lumière Edison a produit des effets splendides, et l'Exposition de Vienne a exibé de nouveaux éclairages électriques très satisfaisants. Quant à nous, nous en sommes restés, en fait d'éclairage public, à l'éclairage de la place du Carrousel avec les lampes de Mersanne et à celui du parc Monceaux avec des bougies Jablochkoff, au nombre de 12. En revanche, plusieurs magasins, entre autres, ceux du Printemps, ont adopté définitivement ce genre d'éclairage qui a produit le plus bel effet. Les grandes salles de télégraphie du ministère des postes et télégraphes sont éclairées maintenant avec des lampes Cance du nouveau modèle, et l'imprimerie Lahure continue à employer les lampes Edison. En Angleterre, les éclairages électriques particuliers se multiplient, et si on fait aujourd'hui moins de tapage de tous ces éclairages; c'est que la plupart des Compagnies qui avaient intérêt à faire de la réclame ont sombré; malgré cela, on voit de temps à autre, surgir quelques réclames en faveur de certains systèmes, entre autres en faveur de celui de MM. Gaulard et Gibbs, sur lequel le journal *La Lumière Électrique* a formulé dernièrement une opinion motivée. Mais le public commence à se

blaser sur ces annonces pompeuses qui, le plus souvent, n'aboutissent à rien.

Les Compagnies, au lieu de faire tant de tapage, feraient, ce nous semble, beaucoup mieux de produire de bonnes installations, et ce seraient certainement les meilleures réclames qu'elles pourraient produire; c'est ce que fait la Compagnie Edison, et nous ne doutons pas que d'ici à peu de temps elle ne triomphe de l'inertie du public pour les organisations nouvelles.

Ce qui a caractérisé surtout, dans le cours de l'année 1883, les recherches faites sur la lumière électrique, c'est le soin qu'on a apporté à l'estimation du prix de revient et du rendement. Il est certain que c'est là le nœud de la question, car on ne peut demander au public de changer son mode d'éclairage s'il n'y trouve pas de réels avantages. L'éclairage électrique présente bien des avantages en dehors de la question du prix de revient, et en particulier celui de développer une beaucoup moins grande quantité de chaleur, de ne pas entraîner d'explosions, et de fournir beaucoup moins de causes d'incendie. Cependant ces avantages ne seraient pas assez considérables pour que le public se décidât à changer si le prix devait être supérieur. Or, il paraît aujourd'hui démontré que le prix de l'éclairage à l'aide des lampes à incandescence ne dépasse pas, pour Paris, celui du gaz au prix qu'on le fait payer aux particuliers, c'est-à-dire à 30 centimes le mètre cube; mais que l'éclairage avec les lampes à arc peut être, à lumière égale, beaucoup plus économique.

En ce moment, c'est de l'éclairage électrique des théâtres qu'on se préoccupe le plus; les affreux incendies qui s'y manifestent si fréquemment depuis quelque temps ont donné beaucoup à réfléchir aux municipalités et aux directeurs de théâtre, et on cherche les moyens d'obtenir cet éclairage dans les meilleures conditions possibles. Les essais faits à Brünn, en Autriche, et à la Scala de Milan ont été, à ce qu'il paraît, très satisfaisants.

En France, on en a été moins satisfait à cause des extinctions qui se sont produites malheureusement trop souvent; mais il faut comprendre que dans toutes les installations nouvelles il y a une foule de détails accessoires d'organisation avec lesquels on n'est pas encore familiarisé, et qui produisent fortuitement des extinctions bien vite reparées, il est vrai, mais fâcheuses pour l'impression générale, surtout dans un pays éminemment gouailleur comme le nôtre; puis, d'un autre côté, les emplacements manquent pour une bonne installation des machines. Il est certain que quand on aura acquis plus d'habitude du maniement de ce genre d'éclairage, les effets en seront meilleurs et plus sûrs, et nous ne doutons pas du succès.

(*A suivre.*) TH. DU MONCEL.

TRANSPORT
ET
DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE
PAR L'ÉLECTRICITÉ

L'enseignement de la physique au point de vue de l'électricité est resté tout à fait insuffisant, non seulement dans les lycées, mais encore dans les écoles d'ingénieurs. On continue à considérer l'électricité au point de vue télégraphique, c'est-à-dire comme destinée seulement à faire œuvre de précision et à produire uniquement des effets excessivement faibles comme travail mécanique.

Ceux qui ont pénétré plus loin dans l'étude de cet agent n'ignorent pas que son rôle est infiniment plus étendu; l'Exposition Internationale d'Electricité l'a prouvé de reste à ceux mêmes qui sont étrangers à la science. Il est résulté en particulier de ce remarquable ensemble d'appareils divers que l'électricité, contrairement au préjugé qui a longtemps régné et qui domine encore l'enseignement, est éminemment propre à la production et à la transmission lointaine de travaux mécaniques aussi considérables qu'on le voudra, application nouvelle dont l'étendue et les conséquences sont d'une importance qu'on ne saurait limiter.

Malgré des études intéressantes, cet emploi nouveau de l'électricité reste encore pour beaucoup de personnes, même de celles qui emploient ce nouveau mode de transmission, embarrassé de doutes et d'appréciations contradictoires; il importe d'éclaircir complètement cette question; c'est ce que nous allons faire ici. L'auteur exposera brièvement, mais néanmoins d'une façon complète les lois fondamentales du transport de l'énergie par l'électricité. Il n'hésitera point à remonter jusqu'aux premiers principes, et prendra un soin scrupuleux de tout définir et de tout démontrer, afin de constituer un exposé d'ensemble absolument solide; il ne fera usage, dans sa démonstration, que de principes physiques simples et de formules de la plus élémentaire algèbre, procédé dont l'avantage est de porter dans les explications une évidence géométrique qui laisse l'esprit complètement satisfait.

Il convient de rappeler d'abord ce qu'on entend par le mot *énergie*. Ce terme comprend le travail sous toutes ses formes. On sait que tous les phénomènes physiques, de quelque nature qu'ils soient, peuvent être évalués en unités de travail, par exemple en kilogrammètres; on peut exprimer ainsi les actions chimiques, les changements caloriques, etc. Un principe important ressort de ces mesures : c'est le suivant : si l'on a une certaine quantité d'énergie

sous forme mesurable, telle qu'un travail employé à faire mouvoir un générateur d'électricité, on peut l'employer, soit intégralement à produire une énergie d'une forme déterminée, par exemple de la chaleur, soit à produire à la fois diverses formes d'énergie, de la chaleur, des actions chimiques, des mouvements; dans tous les cas, la somme des énergies produites est égale au travail dépensé [1].

C'est le principe connu sous le nom de conservation de l'énergie qui est d'ailleurs, pour le dire en passant, une conséquence directe des lois de la mécanique rationnelle.

DÉFINITIONS ET PRINCIPES

I

DÉFINITION ET MESURE DE L'INTENSITÉ D'UN COURANT

Comme nous ferons usage de l'électricité sous forme de courant, il faut d'abord définir exactement les termes que nous emploierons et distinguer les éléments que nous avons à faire entrer dans la démonstration.

Il ne paraît pas utile de définir le courant électrique en lui-même, le phénomène ainsi désigné est connu de tous; mais il présente des qualités distinctes qui demandent à être étudiées à part.

Nous examinerons d'abord ce qu'on nomme l'intensité.

Parmi les actions qui se produisent sur le passage d'un courant, nous considérerons spécialement l'action chimique. Le plus simple examen montre qu'elle est fonction de l'intensité du courant; nous la voyons se produire plus ou moins énergiquement, selon les variations de cette intensité. Sans chercher à préciser encore la relation qui les lie, nous reconnaissons comme évident qu'à des actions chimiques égales répondent des intensités égales et réciproquement. Ce phénomène est le premier qui ait servi de mode de mesure à l'électricité, et il devait en être ainsi; l'action chimique, ayant été le premier générateur de l'électricité dynamique, ne pouvait manquer d'être mise en usage comme son étalon.

LOIS DE FARADAY

(*a*) Les lois qui régissent les actions électrochimiques ont été découvertes par Faraday. La première de ces lois est contenue dans l'énoncé suivant. Si l'on constitue un circuit parcouru par un courant électrique, quelles que soient la nature et la disposition des conducteurs successifs qui entrent dans ce circuit, le travail chimique et par suite l'intensité, c'est-à-dire la quantité d'action chimique et d'électricité par unité de temps, sont les mêmes en tous les points.

(*b*) Cette loi se vérifie de la façon suivante : sur un circuit où fonctionne une pile électrique, on placera à la suite les uns des autres un certain nombre de voltamètres qu'on aura soin de faire inégaux, tant par les dimensions que par la conductibilité, ce qu'on obtiendra en acidulant plus ou moins l'eau qu'ils renferment; malgré ces différences, la quantité de gaz dégagée dans chacun d'eux dans l'unité de temps, sera la même.

(*c*) Le travail chimique est le même, non seulement dans les appareils placés sur le circuit, mais encore dans la pile elle-même. Pour le démontrer, on construit une pile en plaçant dans l'eau acidulée deux lames, l'une de zinc, l'autre de platine, cette dernière étant recouverte d'une cloche pleine d'eau. En se servant de cette pile comme de générateur, on verra l'hydrogène se dégager sur la lame de platine en quantité précisément égale à celle qui se dégage dans les cloches des voltamètres placés sur le circuit; la pile fonctionne donc comme tout autre appareil soumis à l'action du courant, l'action chimique et l'intensité sur les points du circuit où elle est placée sont les mêmes que dans les autres.

(*d*) En poussant plus loin l'expérience, on peut employer comme générateur un instrument très

---

[1] C'est ce qu'on peut écrire d'une façon générale sous la forme suivante :

$$T = A + C + T_m + \frac{(\Sigma mv^2 - \Sigma mv_0^2)}{2}$$

équation dans laquelle T représente la valeur du travail dépensé pour faire mouvoir le générateur, A les actions chimiques, C les actions caloriques, T_m le travail rendu par les moteurs, $\frac{\Sigma mv^2 - \Sigma mv_0^2}{2}$ les modifications de force vive des organes de ces moteurs.

On remarquera que l'électricité ne figure pas dans cette équation; il n'y a en effet aucun moyen de l'introduire; le travail électrique n'a pas d'expression et n'existe pas sous une forme propre; il se manifeste toujours sous forme de travail calorique, chimique ou autre, et non d'une façon spéciale, à l'exception du cas où l'on condenserait de l'électricité; dans ce cas seulement il y a travail électrique; on serait donc forcément amené à conclure que l'électricité n'est pas une des formes de l'énergie, qu'elle n'en est que le véhicule, considération très frappante et qui cessera de paraître étrange, si l'on remarque que, dans les travaux produits électriquement, il n'y a pas de perte d'électricité. Comme nous le verrons plus loin, celle-ci se retrouve intacte après avoir donné des sommes diverses d'énergie, résultat qui serait absurde si l'électricité était elle-même de l'énergie; le seul élément qui se modifie dans ces cas est, non pas la quantité d'électricité, mais seulement son potentiel; c'est lui qui représente l'énergie et non l'électricité elle-même. Celle-ci n'est pas plus une forme de l'énergie qu'une colonne d'eau comprimée ou qu'une courroie de transmission. Nous aurons à revenir d'ailleurs sur ce sujet, lorsque nous aurons exposé la théorie des moteurs électriques.

curieux, la pile à gaz de Grove. Celle-ci est un véritable voltamètre dont les cloches sont respectivement remplies d'hydrogène et d'oxygène. On sait que si l'on réunit des fils de platine qui plongent dans ces cloches, on obtient un courant. En formant un circuit avec un certain nombre d'éléments de cette pile et un nombre moindre de voltamètres, on verra que la quantité de gaz absorbée dans chaque élément de la pile est égale à celle qui se dégage dans chacun des voltamètres. Si alors on retranchait un certain nombre d'éléments de la pile de façon à donner la supériorité aux voltamètres, ceux-ci deviendraient à leur tour générateurs de courant et l'action recommencerait en sens inverse. Les travaux chimiques opérés sur un même circuit sont donc toujours égaux, non seulement quelle que soit leur situation, mais quel que soit leur sens, c'est-à-dire qu'ils soient positifs et employés à créer le courant, ou négatifs et produits par son action.

Tous les raisonnements précédents supposent

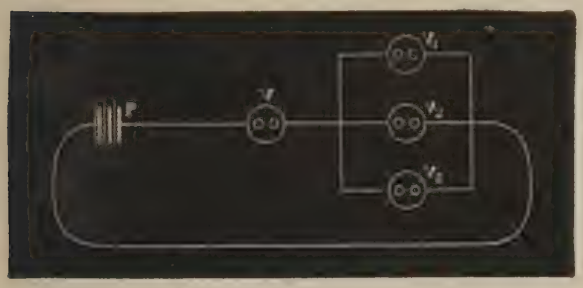


FIG. 1

seulement qu'à des intensités égales du courant correspondent des actions chimiques égales sans que nous ayons essayé de préciser davantage la relation qui existe entre l'intensité et l'action chimique. Il sera maintenant à propos de le faire.

(*e*) L'action chimique est proportionnelle à l'intensité du courant.

Pour le démontrer, plaçons en un point du courant un voltamètre V (fig. 1); en un autre point, divisons le courant en trois branches sur lesquelles nous placerons trois voltamètres bien identiques V_1, V_2 et V_3; le courant en ce dernier point rencontrant trois routes égales se divisera en trois dérivations dont les intensités seront forcément égales et qui représenteront chacune un tiers de l'intensité totale; on trouvera dans chacun des voltamètres qui reçoivent ces courants dérivés une quantité de gaz égale au tiers de celle que renfermera le voltamètre où passe le courant entier, ce qui démontre la loi.

Nous avons jusqu'ici supposé que dans toute l'étendue du circuit il ne se passait qu'une même réaction chimique, celle de l'oxygène sur l'hydrogène qui dans nos expériences est active dans un sens et passive dans l'autre. La loi est vraie dans le cas où le courant produit en même temps plusieurs réactions différentes; les poids des composés chimiques qui se forment dans la pile, et les poids de ceux qui sont décomposés par le courant ne sont plus alors égaux, mais proportionnels aux équivalents chimiques des corps en jeu; comme on emploie généralement des piles où le corps dissous est du zinc, on pourra formuler cette loi, qu'on nomme loi des équivalents électrochimiques, en ces termes :

Dans un circuit sur lequel un courant produit des actions chimiques quelconques, il y a autant d'équivalents de zinc dissous dans chacun des éléments de la pile qu'il y a d'équivalents décomposés dans chacun des appareils d'électrolyse, les éléments et les appareils étant placés en tension sur un seul circuit.

II

DÉFINITION ET MESURE DE LA FORCE ÉLECTROMOTRICE

On nomme la force électromotrice la cause qu met en mouvement l'électricité dans le circuit. Elle pourra être simplement et clairement évaluée par le nombre des éléments de pile que nous emploierons, si ces éléments sont placés à la suite les uns des autres de façon qu'ils forment un seul circuit où leurs actions s'ajoutent; ils sont alors, suivant le terme en usage, assemblés en série ou en tension.

La tension est un mode spécial de l'électricité et indique l'état d'accumulation où elle se trouve; Coulomb en a étudié les lois pour l'électricité statique; des expériences précises montrent que ces lois s'appliquent également à l'électricité dynamique; des appareils très sensibles peuvent faire découvrir aux divers points d'un circuit des tensions analogues à celles qui se rencontrent dans l'électricité statique, seulement beaucoup plus faibles. Si l'on prend par exemple un élément de pile de Daniell dont le circuit ne soit pas fermé, on trouvera entre les pôles une différence de tension électrique qui est la plus grande que cette pile puisse produire; cette différence de tension est égale alors à ce que nous nommons la force électromotrice de la pile; celle-ci ne nous est d'ailleurs connue, comme nous le disons plus loin, que par les différences de tension qu'elle produit et qui lui servent de mesure. Si l'on réunit les deux pôles de la pile à la terre, en suivant le fil qui part de l'un d'eux, on trouvera des tensions qui vont en décroissant du pôle jusqu'à la terre où la tension est nulle; dans ce cas on dit, suivant un terme moderne dont la signification mathématique représente une fonction bien définie, que les différents points du circuit sont

à des potentiels décroissants; et l'on peut déterminer les différences de ces potentiels en se servant par exemple comme unité, du potentiel de la pile à circuit ouvert, de ce que nous appelons la force électromotrice de la pile Daniell. Le mouvement électrique, le courant ne peut exister entre deux points que s'il existe entre eux une différence de potentiel; on ne saurait le concevoir entre deux points dans le même état électrique non plus qu'on ne concevrait un courant de liquide entre deux points situés au même niveau. On conclut de là un moyen direct de mesurer les différences de potentiel de deux points.

(*a*) Supposons qu'il s'agisse des points M et N (fig. 2) situés sur le circuit AB où passe un courant dans le sens AB. Nous prendrons entre M et N un circuit dérivé MPN sur lequel nous installerons un appareil quelconque G propre à révéler le passage d'un courant. Il montrera aussitôt une action résultant d'une dérivation du courant principal qui va circuler dans le sens MPN; nous intercalons alors dans ce circuit en P des éléments Daniell tendant à faire

FIG. 2

passer dans PMN un courant de sens contraire, et nous en augmentons le nombre jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucun courant en G; alors le courant de la pile annule la dérivation, c'est-à-dire que sa force électromotrice équilibre exactement la différence de potentiel entre les points M et N; elle lui est donc égale et nous en fournit la mesure.

Possédant ainsi le moyen de mesurer une force électromotrice ou une différence de potentiel, nous pouvons examiner comment varie un courant suivant les conditions où il se trouve.

III

DÉFINITION ET MESURE DE LA RÉSISTANCE.

Sur le circuit d'une pile plaçons un voltamètre, réuni à elle par un fil métallique de longueur connue; il s'y dégagera par minute un certain volume de gaz; si nous augmentons la longueur du fil interposé entre les deux appareils, nous verrons diminuer la quantité qui se dégage ainsi par unité de temps; il en sera de même si nous diminuons le diamètre du fil; le contraire aura lieu si nous le raccourcissons, ou si nous en augmentons la section. Les corps que le courant traverse se présentent donc comme des obstacles qui en font varier l'intensité; suivant leurs dimensions et leur nature, ils agissent comme des *résistances* plus ou moins grandes et il y a entre l'intensité, la force électromotrice et les résistances une certaine relation.

(*a*) Ohm a démontré par des considérations mathématiques que cette relation était la suivante : $I = \frac{E}{R}$, I représentant l'intensité, E la force électromotrice de la pile, R la résistance totale du circuit. Nous disons totale parce qu'il faut avoir bien soin d'y comprendre non seulement les résistances des fils et des appareils, mais aussi celle des piles; les piles ne sont pas en effet distinctes du reste du circuit; elles forment un point initial, mais pour l'action chimique comme nous l'avons démontré, ainsi que pour la résistance, elles rentrent dans la loi générale et doivent compter dans la somme des résistances.

Néanmoins dans la suite de ces explications et tant qu'il ne s'agira que d'exemples ou de démonstrations, nous ferons, pour plus de simplicité, abstraction de cette résistance qui est dite résistance intérieure, bien que dans la réalité elle ne soit jamais nulle, et nous compterons seulement la résistance extérieure.

(*b*) La loi de Ohm est plus générale que nous ne l'avons dit; elle s'applique non seulement à un circuit entier, mais à une portion du circuit, on écrira alors $I = \frac{e}{r}$, I représentant l'intensité, *e* la différence de potentiel aux deux bouts de la portion de circuit considérée mesurée comme nous l'avons dit ci-dessus (§ II, *a*), et *r* la résistance de cette portion.

Les lois de Ohm ont été vérifiées par Pouillet, Fechner, Despretz, elles sont d'un usage constant et se vérifient sans cesse dans la pratique journalière.

La découverte faite par Œrsted, de l'action du courant sur une aiguille aimantée a permis de révéler l'existence des courants et de les mesurer par des phénomènes plus commodes que les actions chimiques qui nous ont jusqu'ici servi d'étalon; nous supposerons à l'avenir que l'on fait usage de ces appareils, connus sous le nom général de galvanomètres.

D'autre part, les diverses grandeurs dont l'étude du courant impose la mesure et dont nous venons d'énumérer les principales, c'est-à-dire, la force électromotrice, la résistance et l'intensité ont des unités spéciales. Ces unités ont été élaborées sur des idées théoriques particulières par *l'Association britannique pour l'avancement des sciences;* elles

ont été définitivement adoptées par le Congrès des électriciens.

Il n'entre pas dans notre cadre d'en donner la définition précise, nous nous contenterons d'en indiquer le nom et la valeur approximative, parce qu'elles sont d'un usage commode et que nous aurons à nous en servir.

(*c*) L'unité de tension ou de force électromotrice est le Volt; sa valeur est environ 0,95 de la force électromotrice d'un élément de pile de Daniell.

L'unité de résistance se nomme l'Ohm; il est représenté par une colonne de mercure de $1^{m}05$ de longueur environ et d'une section de un millimètre carré; il équivaut aussi approximativement à 48 mètres de fil de cuivre de 0,001 de diamètre.

L'unité d'intensité a reçu du Congrès le nom d'Ampère; c'est une intensité capable de précipiter à très peu près 4 grammes d'argent par heure.

D'après la loi de Ohm, citée plus haut, il existe entre ces trois unités une relation qu'on peut exprimer ainsi :

$$\text{Unité d'intensité} = \frac{\text{unité de force électromotrice}}{\text{unité de résistance}}$$

TRANSPORT DE L'ÉNERGIE

IV

TRANSPORT DE L'ÉNERGIE CHIMIQUE.

Ces préliminaires établis, nous pouvons passer à l'étude du transport de l'énergie chimique que nous examinerons d'abord.

(*a*) Lorsqu'on se sert de la pile électrique pour produire des actions chimiques il y a nécessairement des actions dans les deux sens, positives dans la pile où elles font naître le courant, négatives dans les appareils où ce courant opère des décompositions électrolytiques. En se reportant aux démonstrations et aux exemples donnés aux paragraphes I (*a*) (*b*) (*c*), on se rappellera que ces actions sont égales en tous les points du circuit et dans tous les éléments qui fonctionnent, quel que soit leur sens.

Considérons plus particulièrement l'expérience § (I *d*) dans laquelle des piles à gaz de Grove disposées en tension, décomposent l'eau dans des voltamètres ; soient N le nombre des piles de Grove et *n* celui des voltamètres. Ces deux séries d'appareils semblables donnent naissance à des forces électromotrices de sens contraire; d'après les définitions données au paragraphe II, la force électromotrice d'un élément étant P, celle des N piles à gaz sera N P et celle des *n* voltamètres *n* P ; le rapport de ces forces est

$$\frac{nP}{NP}$$

ou

$$\frac{n}{N}$$

L'action chimique étant la même en tous les points du circuit § (*a d*), il y aura autant de gaz consommé dans chacun des éléments à gaz, qu'il y en aura de produit dans chacun des voltamètres; si l'on appelle Q le volume produit dans l'unité de temps, les piles à gaz auront donc absorbé N Q pendant que les voltamètres auront fourni *n* Q. Le rapport de ces nombres $\frac{n}{N}$ exprime la proportion entre le travail utile produit et le travail dépensé, on voit qu'il est égal au rapport des forces électromotrices positives et négatives. Ce nombre est ce qu'on nomme le rendement économique de l'appareil; il exprime la dépense que nécessite, dans les conditions de l'expérience, un certain travail produit.

On voit qu'il varie suivant les dispositions qu'on adopte. Si l'on voulait, par exemple, que ce rapport fût égal à un, il faudrait prendre $n = N$, mais alors, les forces électromotrices directes et inverses étant égales, il n'y aurait pas de travail du tout. Si, au contraire, on fait augmenter N par rapport à *n*, le travail produit coûte de plus en plus cher; il est vrai qu'il s'opère de plus en plus rapidement et que la quantité dégagée par unité de temps va en croissant à mesure que le rendement économique diminue. On ne doit pas oublier que, en raison de la résistance des circuits, il y a toujours de la chaleur produite sur le trajet du courant; c'est sous cette forme que se dépense la portion du travail produit par la pile qu'on ne retrouve pas dans le travail utile.

Dans le calcul précédent, nous n'avons pas fait intervenir la distance qui sépare les appareils actifs et passifs, ou la résistance du circuit qui représente cette distance; il convient d'examiner son influence.

Evaluons les travaux dépensés et recueillis; nous venons de dire que, en appelant Q la quantité de gaz recueillie dans un voltamètre ou dépensée dans un élément de pile, le travail utile était *n* Q et le travail dépensé N Q; mais nous savons que l'action chimique est proportionnelle à l'intensité, § (I *e*), donc, Q est proportionnel à I et le travail est proportionnel à N I; d'autre part, I nous est connu par la loi de Ohm, il est égal à la force électromotrice divisée par la résistance; la force électromotrice, dans ce courant où il y en a deux opposées, sera la différence de ces deux forces, et sera représentée par N P — *n* P; le travail dépensé dans la pile sera donc

$$N\,\frac{NP - nP}{R};$$

le travail recueilli,

$$n\frac{NP-nP}{R};$$

leur rapport est, comme nous l'avons vu, $\frac{n}{N}$; comme on le voit, il ne dépend pas de la distance. La valeur de chacun de ces travaux en dépend au contraire, et si on fait varier la distance, sans rien changer dans les dispositions du système, les valeurs des deux travaux varieront.

On peut faire en sorte que cela n'ait pas lieu. En effet, le travail chimique absolu produit dans l'unité de temps, ainsi que le rendement économique, resteront invariables, quelle que soit la distance, à condition que les forces électromotrices directe et inverse varient proportionnellement à la racine carrée de la résistance du circuit.

Pour le démontrer, reprenons l'expérience précédente § (I *d*); dans cette expérience, le courant résultant de la différence des forces électromotrices opposées N P et *n* P, avait pour intensité (loi de Ohm)

$$\frac{NP-nP}{R},$$

R représentant la résistance du circuit. Le rendement économique avait pour valeur $\frac{n}{N}$. Supposons que la distance, et avec elle la résistance, devienne 25 fois plus grande, par exemple; mais au lieu des nombres N et *n* d'éléments, introduisons dans le circuit, selon la règle que nous venons d'énoncer, 5 N piles à gaz et 5 *n* voltamètres, 5 étant la racine carrée de 25. L'intensité du courant sera alors :

$$\frac{5NP-5nP}{25R}$$

ou

$$\frac{NP-nP}{5R}.$$

Elle sera donc cinq fois plus petite que la précédente; les actions chimiques seront donc, dans chacun des éléments, cinq fois moins énergiques; mais comme il y a de chaque côté cinq fois plus d'éléments qu'il n'y en avait, les quantités totales dépensées et produites par unité de temps, ainsi que leur rapport, resteront les mêmes, ce qu'il fallait obtenir.

Ces divers théorèmes établis, en considérant seulement des piles à gaz, s'appliquent à toute espèce d'actions chimiques; les quantités dépensées ou recueillies cesseront d'être identiques, mais, en vertu de la loi des équivalents électrochimiques § (I *e*), elles ne cesseront pas d'être proportionnelles aux mêmes nombres et les résultats seront les mêmes.

Nous pouvons actuellement résumer les conséquences de ces divers théorèmes.

Toutefois, une remarque préliminaire est nécessaire. Nous avons tout à l'heure évalué le travail total positif et le travail utile négatif; nous avons trouvé qu'ils étaient proportionnels aux nombres N I et *n* I, dans lesquels I représente l'intensité, N le nombre d'éléments positifs et *n* le nombre d'éléments négatifs. Il s'ensuit que ces travaux sont également proportionnels à N P I et *n* P I, P étant, comme précédemment, la force électromotrice d'un élément de pile; N P exprime alors la force électromotrice positive totale que nous nommerons E, *n p* la force électromotrice négative totale *e*, et les expressions des travaux deviennent E I et *e* I. Ces expressions, plus générales, sont celles qui donnent la mesure du travail : E I est la mesure du travail chimique total dépensé, *e* I la mesure du travail chimique utile produit.

Cette remarque faite, nous pouvons formuler les conclusions auxquelles nous sommes conduits :

1° *Le travail chimique positif représentant le travail total dépensé est exprimé par E I; pour une intensité donnée, il est donc proportionnel à E;*

2° *Le travail chimique négatif est exprimé par* e I; *pour une intensité donnée, il est donc proportionnel à* e;

3° *Le rendement économique est égal au rapport de la force électromotrice négative à la force électro-motrice positive;*

4° *Le travail chimique dépensé, le travail chimique utile et le rendement économique restent constants, quelle que soit la distance du transport, pourvu que les forces électromotrices, positive et négative, varient proportionnellement à la racine carrée de la résistance.*

VI

ACTIONS CALORIQUES. — LOI DE JOULE

Une production de chaleur est l'inévitable conséquence du passage d'un courant électrique. M. Joule a démontré par l'expérience que la quantité de chaleur développée dans un circuit a pour expression :

$$Q=I^2R,$$

Q étant la chaleur produite, I l'intensité du courant, R la résistance du circuit.

Cette loi remarquable pouvait être prévue; elle est une conséquence de la loi de Faraday (§ I *a*) et de la loi de conservation de l'énergie, comme on va le voir.

Remarquons d'abord que, dans un circuit où le courant est entièrement employé à produire de la chaleur, la chaleur produite est proportionnelle à

la quantité totale de zinc dissous dans la pile, cette chaleur n'étant que la reproduction, sous une autre forme, du travail de l'affinité chimique, comme le veut le principe de la conservation de l'énergie.

Constituons alors des circuits divers, et voyons comment y variera la quantité totale de zinc dissous.

Dans une première série de circuits, nous maintiendrons les résistances constantes en faisant varier les intensités.

Pour dresser le tableau de ce qui se passe dans chaque circuit, il faut se rappeler :

1° Loi de Ohm. — L'intensité est donnée par le rapport $I = \frac{E}{R}$. E étant proportionnel au nombre des éléments, nous prendrons tout simplement ce nombre pour représenter E ;

2° Loi de Faraday. — L'action chimique dans chaque élément est proportionnelle à l'intensité. L'unité adoptée étant indifférente, nous prendrons la valeur de l'intensité pour représenter l'action chimique ou la quantité de zinc dissoute dans chaque élément ;

3° La quantité totale dissoute est égale au produit du nombre des éléments par la quantité dissoute dans chacun.

De ces considérations résulte le tableau suivant :

NOMBRE d'éléments de pile	RÉSISTANCE du circuit	INTENSITÉ du courant résultant de la formule $\frac{E}{R}$	ZINC dissous dans chaque élément proportionnellement à l'intensité	ZINC TOTAL dissous
1	1	1	1	1
2	1	2	2	$4=(2\times2)$
3	1	3	3	$9=(3\times3)$
4	1	4	4	$16=(4\times4)$

Dans ces conditions, la quantité totale de zinc brûlé, ou la chaleur produite est donc proportionnelle au carré de l'intensité du courant.

Dans une deuxième série de circuits nous ferons varier les résistances de façon à maintenir l'intensité constante.

Dans ces conditions nouvelles, la quantité de zinc est proportionnelle à la résistance. Les résultats sont alors ceux que présente le tableau ci-dessous.

En combinant ces deux résultats, on voit que dans des circuits où la résistance et l'intensité varieraient à la fois, la quantité de zinc dissoute et la chaleur produite seraient proportionnelles en même temps à la résistance et au carré de l'intensité,

NOMBRE d'éléments de pile	RÉSISTANCE du circuit	INTENSITÉ du courant résultant de la formule $\frac{E}{R}$	ZINC dissous dans chaque élément proportionnellement à l'intensité	ZINC TOTAL dissous
1	1	1	1	$1=(1\times1)$
2	2	1	1	$2=(1\times2)$
3	3	1	1	$3=(1\times3)$
4	4	1	1	$4=(1\times4)$

elles le seraient donc au produit de ces deux nombres, ce qui nous ramène à la loi de Joule $Q = RI^2$. Si l'on se rappelle que $I = \frac{E}{R}$ (Loi de Ohm), on peut mettre cette expression sous d'autres formes qui sont utiles à connaître, on verra facilement que

$$(a) \qquad Q = R\,I^2 = \frac{E^2}{R} = E\,I.$$

D'ailleurs cette formule qui s'applique à la totalité d'un circuit est un cas particulier d'une formule plus générale; si nous considérons une portion quelconque d'un circuit dont la résistance soit r et où la différence des potentiels au commencement et à la fin du circuit soit e (§ II b), la quantité de chaleur développée dans cette portion du circuit sera exprimée également par la formule

$$(b) \qquad q = r\,I^2 = \frac{e^2}{r} = e\,I.$$

On remarquera qu'il n'y a pas à prendre de notation spéciale pour l'intensité I, elle est la même dans une portion du circuit que dans le circuit total.

TRANSPORT DE L'ÉNERGIE CALORIQUE

Pour transporter de l'énergie calorique, il faut constituer un circuit électrique, recueillir la chaleur qui se développe en un point de circuit et l'utiliser.

En conséquence, dans un circuit de résistance totale R, parcouru par un courant d'intensité I, nous prenons particulièrement une certaine portion, de résistance r, et nous utilisons la chaleur qui s'y manifeste. Dans ces conditions, le travail dépensé est égal à la chaleur totale Q créée sur tout le circuit, le travail recueilli est égal à la chaleur q créée dans la portion utile; nous connaissons immédia-

tement la valeur de ces deux quantités : en effet, si on appelle E la force électromotrice de la pile, on a (§ VI *a*)

$$Q = R I^2 = E I = \frac{E^2}{R};$$

de même si on nomme *e* la différence des potentiels aux extrémités du circuit utile, on a (§ VI *b*)

$$(c) \qquad q = r I^2 = e I = \frac{e^2}{r}.$$

Le rapport de ces deux travaux est $\frac{r}{R} = \frac{e}{E}$, c'est le rendement économique.

La première expression $\frac{r}{R}$ est très utile, parce qu'elle permet de disposer immédiatement un circuit de façon à obtenir un rendement cherché : on voit *à priori* qu'il y aura intérêt à ce que la résistance utile soit aussi grande que possible par rapport à la résistance totale.

Si l'on veut que le travail utile *q* ainsi que le rendement économique $\frac{r}{R}$ ou $\frac{e}{E}$ demeurent constants, quelle que soit la résistance ou autrement quelle

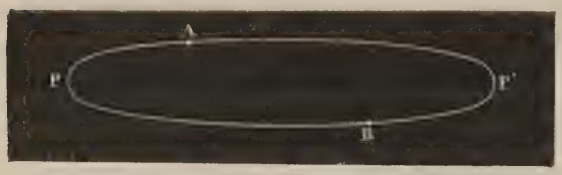


FIG. 3

que soit la distance du transport, il faudra que Q demeure aussi constant; pour cela, il faut que $\frac{E^2}{R}$ soit constant, c'est-à-dire que E varie proportionnellement à la racine carrée de R, mais comme $\frac{e}{E}$ est constant, il faudra alors que *e* varie dans la même proportion.

Nous sommes donc pour l'énergie calorique comme pour l'énergie chimique conduits au lois suivantes :

1° *Le travail calorique positif, représentant le travail total dépensé, et exprimé par EI; pour une intensité donnée, il est donc proportionnel à E;*

2° *Le travail calorique négatif est exprimé par* e *I; pour une intensité donnée, il est donc proportionnel à* e.

Il faut remarquer ici qu'une différence de potentiel n'est pas une quantité distincte de ce que nous appelons la force électromotrice.

En effet, dans un circuit fermé PAP'B (fig. 3), si l'on dit seulement qu'il y a entre les points A et B une différence de potentiel *e*, il sera impossible de dire *à priori* dans quel sens marchera le courant, ni si cette différence de potentiel est due à une force électromotrice positive placée en P, ou à une force négative placée en P' ou à la combinaison des deux; la différence *e* entre A et B est par elle-même, si l'on veut, ce qu'on nomme une force électromotrice, il n'y a entre elles que la différence de la cause à l'effet. En réalité, nous ne connaissons pas la force électromotrice, bien que nous devions continuer à employer ce mot commode, il n'y a, dans le calcul, que des différences de potentiel. En conséquence, dans la loi que nous venons de formuler au paragraphe 2°, la différence de potentiel n'est autre chose qu'une force électromotrice négative si l'on veut la considérer de cette façon et, cette loi, bien qu'exprimée autrement que celle que nous avons trouvée pour les actions chimiques, est cependant la même;

3° *Le rendement économique est représenté par le rapport de la différence de potentiels négative et de la force électromotrice positive.*

4° *Le travail calorique dépensé, le travail calo-*

FIG. 4

rique utile et le rendement économique restent constants, quelle que soit la distance de transport, pourvu que la force électromotrice positive et la différence de potentiel négative varient proportionnellement à la racine carrée de la résistance totale du circuit.

TRANSPORT DE L'ÉNERGIE MÉCANIQUE

Nous avons, dans les précédents paragraphes, eu à évaluer le travail engendré sur un courant; qu'il s'agisse d'énergie chimique ou d'énergie calorique, nous avons trouvé la même expression Q = EI. Nous allons faire voir que cette formule est absolument générale.

Considérons (fig. 4) un circuit sur lequel se trouvent une pile P d'un certain nombre *n* d'éléments, un appareil galvanométrique G mesurant l'intensité du courant, et de plus, entre les poins H et B, une série d'appareils *c c' c''* quelconques propres à dépenser le courant, soit en chaleur, soit en actions chimiques, soit en travail mécanique. Dans ces conditions, le courant prend une intensité I que

le galvanomètre indique, il se consomme dans chaque élément de la pile une quantité Z de zinc, et, par conséquent, une quantité nZ dans l'ensemble de la pile.

Supprimons maintenant les appareils c c' c'' et remplaçons-les par un fil simple HDB dont nous ferons varier la longueur, jusqu'à ce que le courant soit ramené à la même intensité I. La force électromotrice est restée E; dans ces conditions la quantité de zinc dissoute par élément est toujours Z, d'après la loi de Faraday et la quantité totale nZ; la quantité totale d'énergie engendrée qui est mesurée par la quantité de zinc consommée n'a pas varié, or, dans le circuit PHDB nous savons qu'elle est représentée par EI; cette expression donne donc sa valeur avec le circuit PA$cc'c''$B.

De plus, dans le circuit PHDB nous savons calculer par les lois de Ohm, les potentiels en H et en B ainsi que leur différence e et nous savons que la quantité d'énergie que l'on peut récupérer sur le circuit HDB est représentée par eI; si nous rétablissons le circuit PH$cc'c''$B, rien n'est changé dans la portion HPB, les potentiels en H et en B ainsi que leur différence e restent les mêmes, la portion du travail total engendrée sur HPB n'a pas non plus varié, donc l'énergie disponible sur le H$cc'c''$B est encore exprimée par eI.

Il faut remarquer ici, que si l'on veut avoir ces travaux mesurés en kilogrammètres, d'après les unités que nous avons choisies plus haut (§ III c), il faudra exprimer E et e en Volts, I en Ampères et diviser le produit par le nombre $g = 9.81$.

Il résulte de cette démonstration qu'on peut, dans tous les cas, remplacer une résistance active par une résistance inerte; la valeur de cette résistance est facile à déterminer; si E est la force électromotrice positive, e la force électromotrice négative et R la résistance on posera :

$$\frac{E - e}{R} = \frac{E}{R + x},$$

d'où l'on tire

$$x = \frac{eR}{E - e};$$

en supprimant e et introduisant x l'état du circuit ne sera pas changé.

TRANSPORT DU TRAVAIL MÉCANIQUE

Appliquons ces considérations au cas où sur un circuit électrique, il ne se développe que deux sortes d'énergie, l'énergie calorique et l'énergie mécanique.

Appelons E la force électromotrice du générateur, on remarquera que cette force électromotrice est constante, ainsi que toutes celles qui pourront avoir à intervenir dans un sens ou dans l'autre. Si les courants n'étaient pas constants ou au moins assimilables à des courants constants comme ceux des machines Gramme, Siemens, ou analogues, les raisonnements suivants ne pourraient être appliqués qu'à des intervalles de temps infiniment petits, et la solution du problème exigerait l'emploi du calcul intégral.

S'il ne se produit sur le circuit que les deux énergies désignées, nous pouvons, d'après le principe de la conservation de l'énergie, écrire l'équation suivante :

$$EI = RI^2 + T,$$

dans laquelle EI représente, ainsi que nous venons de le dire, le travail total engendré, RI^2, d'après la loi de Joule, exprime la quantité de chaleur produite, et T, le travail moteur que l'on veut utiliser. L'intensité I est une variable qui dépend de la valeur de T; on peut voir immédiatement que si T = o, c'est-à-dire, si le courant produit seulement de la chaleur, on retrouve $EI = RI^2$ ou en simplifiant E = RI, expression connue de la loi d'Ohm.

L'intensité I peut être déterminée en fonction des autres quantités, il suffit de résoudre l'équation du second degré suivante qui résulte de la précédente expression :

$$RI^2 - EI + T = o,$$

d'où

$$I = \frac{E \pm \sqrt{E^2 - 4RT}}{2R}.$$

Examinons les diverses valeurs de I pour diverses valeurs de T; l'expression a le double signe ±; nous prendrons d'abord le signe +.

Si l'on fait T = o, on trouvera $I_0 = \frac{2E}{2R} = \frac{E}{R}$, c'est l'intensité qui se développerait dans un circuit ordinaire, sans appareil producteur de travail mécanique, suivant la loi de Ohm; et c'est l'intensité maximum que l'on puisse obtenir dans le circuit donné.

Si nous faisons croître successivement T, la valeur de I ira en diminuant; mais on voit que T ne peut dépasser une certaine limite, la quantité sous radical ne pouvant devenir négative. Le maximum de T sera donc obtenu pour $E^2 - 4RT = o$, d'où l'on tire $T = \frac{E^2}{4R}$. Pour cette valeur maximum, la valeur de I sera $I_1 = \frac{E}{2R} = \frac{I_0}{2}$. L'intensité qui correspondait au travail nul est donc réduite à moitié, quand ce travail devient maximum.

Entre ces deux valeurs, l'intensité I peut être considérée comme l'intensité maximum I_0, diminuée d'une certaine quantité; on écrirait alors :

$$I = I_0 - i.$$

I_0 est, nous le savons, égal à $\frac{E}{R}$; nous pouvons présenter la quantité variable i, sous la forme $\frac{x}{R}$, on aura alors :

$$I = \frac{E}{R} - \frac{x}{R} = \frac{E - x}{R}.$$

On voit que la quantité x se présente comme une diminution de la force électromotrice de la pile, et se comporte comme une force électromotrice négative. En acceptant cette interprétation et le désignant par e, comme nous avons coutume de le faire, on trouve :

$$I = \frac{E - e}{R}$$

formule à laquelle nous avons déjà été amenés, en étudiant le transport de l'énergie chimique et celui de l'énergie calorique.

La valeur de e est d'ailleurs facile à trouver, on posera :

$$\frac{E - e}{R} = \frac{E \pm \sqrt{E^2 - 4RT}}{2},$$

d'où l'on tirera :

$$e = \frac{E \pm \sqrt{E^2 - 4RT}}{2R}.$$

Cette valeur se discuterait comme celle de I, et conduirait aux mêmes résultats.

On voit que les principes déjà connus nous amènent par eux-mêmes, et sans étude expérimentale, à conclure que la présence d'un moteur électrique, dans un circuit, équivaut à la présence d'une force électromotrice négative.

L'expérience avait, depuis longtemps, conduit à reconnaître ce fait.

Nous aurions pu partir de ce point connu, et admettre, comme acquise, la présence d'une force électromotrice négative, produite par les machines employées comme moteurs; il nous a paru plus utile de faire voir que ce fait n'est point particulier aux organes employés, qu'il est lié à la nature même des choses, que le transport de l'énergie mécanique n'est qu'un cas particulier du transport de l'énergie en général, et obéit aux mêmes lois.

Reprenons la formule générale : $EI = RI^2 + T$; on en tire : $T = EI - RI^2$. EI étant, comme on sait, le travail total engendré, le rapport $\frac{T}{EI}$ sera le rendement économique K.

La formule nous donne donc :

$$K = \frac{T}{EI} = \frac{EI - RI^2}{EI} = 1 - \frac{RI}{E},$$

ce qu'on peut écrire :

$$K = 1 - \frac{I}{\left(\frac{E}{R}\right)};$$

or, $\frac{E}{R}$ n'est autre que I_0, donc $K = 1 - \frac{I}{I_0}$.

D'autre part, nous savons que $I = \frac{E - e}{R}$, nous avons donc aussi

$$K = 1 - \frac{\frac{E - e}{R}}{\frac{E}{R}} = \frac{e}{E}.$$

Nous sommes donc ramenés, pour le rendement économique, comme tout à l'heure pour l'intensité, à la formule trouvée dans les cas de transport déjà étudiés, et nous reconnaissons que, quelle que soit la nature de l'énergie transportée, le rendement économique a pour expression $\frac{e}{E}$, rapport de la force électromotrice négative e développée dans l'accomplissement du travail utile, à la force électromotrice E nécessaire pour produire le travail total dépensé.

Nous pouvons, dès à présent, calculer non seulement le rendement économique, c'est-à-dire le rapport des travaux produits, mais encore leur valeur absolue.

On a, en effet :

Travail total $T = EI = \frac{E(E - e)}{R}$.

Travail moteur $T_m = KEI = eI = \frac{e(E - e)}{R}$.

Quantité de chaleur sensible, trav. calor. $C = RI^2 = \frac{(E - e)^2}{R}$.

N'oublions pas de rappeler que ces divers travaux sont ceux qui se développent dans l'unité de temps et que leur expression doit être divisée par le nombre $g = 9{,}81$ pour qu'ils soient évalués en kilogrammètres.

Ces diverses valeurs peuvent d'ailleurs être exprimées en fonction du rendement économique $K = \frac{e}{E}$, on trouve alors :

$$T = (1 - K)\frac{E^2}{R},$$

$$T_m = K(1 - K)\frac{E^2}{R},$$

$$C = (1 - K)^2\frac{E^2}{R}.$$

Si l'on veut que le rendement K reste constant, et qu'en même temps le travail récupéré, ainsi que le travail dépensé, restent constants quelle que soit la résistance R et, par suite, la distance sur laquelle s'opère le transport, il suffira que la quantité $\frac{E^2}{R}$ reste constante, c'est-à-dire que E varie comme la

racine carrée de R; il est à peine nécessaire de faire remarquer que $\frac{e}{E} = K$ étant constant, e devra varier de la même façon, ce qui nous ramène à la règle déjà reconnue pour le transport des énergies chimique et calorique.

Quelques personnes ne peuvent s'empêcher, au premier abord, de considérer comme singulier le fait du rendement indépendant de la distance; il leur semble que la production de chaleur sur le trajet doit augmenter avec la distance et, par conséquent, former une cause de perte croissante avec elle. Cette illusion tient à ce que l'on considère la perte par mètre comme constante, ne s'apercevant pas qu'elle dépend de l'intensité du courant, qui est elle-même fonction de la distance. Les formules précédentes font voir clairement comment les choses se passent et montrent que les travaux restant constants, la perte totale en chaleur reste également constante, la perte par unité de longueur diminuant avec l'intensité.

CONCLUSION.

Il n'est donc pas nécessaire d'aller plus loin et d'attendre l'étude d'organes spéciaux, pour connaître les lois du transport de l'énergie mécanique : elles se démontrent *à priori* et se formulent ainsi :

1° *Le travail mécanique positif, représentant le travail total dépensé, est exprimé par EI; pour une intensité donnée, il est donc proportionnel à E;*

2° *Le travail mécanique négatif est exprimé par* e *I; pour une intensité donnée, il est donc proportionnel à* e.

3° *Le rendemenl économique est représenté par le rapport de la force électromotrice négative à la force électromotrice positive;*

4° *Le travail mécanique utile et le rendement économique restent constants, quelle que soit la distance du transport, pourvu que les forces électromotrices positive et négative varient proportionnellement à la racine carrée de la résistance du circuit.*

Comme on le voit, ces lois sont les mêmes pour le transport de l'énergie, quelle que soit sa forme.

Pour ne négliger aucun point, il sera utile de remarquer que, dans la discussion des valeurs de I, tirées de la formule $I = \frac{E \pm \sqrt{E^2 - 4RT}}{2R}$, nous n'avons considéré que les valeurs affectées du signe +; bien que ce mode d'examen, comme il est aisé de le voir, n'altère en rien la généralité des conclusions, il est intéressant d'étudier les valeurs fournies par le signe —.

Si nous faisons T = O, on trouve alors I = O. Si l'on examine la valeur de e, on trouve $e = E$. C'est un cas que nous avons déjà rencontré dans l'étude de l'énergie chimique; le rendement est égal à l'unité; les deux forces électromotrices positive et négative sont égales; comme elles sont contraires, elles s'annulent, et il ne se produit plus rien dans le circuit, ni travail, ni courant électrique.

Si l'on fait croître T jusqu'à la valeur $\frac{E^2}{4R}$ qui, comme nous le savons, donne le maximum, on trouve une série de valeurs de I, croissantes jusqu'à $I = \frac{E}{2R} = \frac{I_0}{2}$.

Nous voyons donc que pour chaque valeur de T il y a deux valeurs; l'une fournie par le signe +, l'autre par le signe —; c'est-à-dire qu'un travail utile donné, peut toujours être obtenu avec deux intensités différentes, correspondant à des forces électromotrices différentes.

MACHINES MAGNÉTO ET DYNAMO-ÉLECTRIQUES

Il est nécessaire de préciser d'abord le sens de quelques mots dont nous aurons à nous servir.

Il est inutile de rappeler ce que c'est qu'un aimant et quelles sont les actions qu'il exerce : ces faits et les termes principaux qui s'y rapportent sont connus de tous.

On nomme champ magnétique tout espace soumis à une action magnétique, c'est-à-dire tel que le pôle d'un aimant qui se trouverait dans cet espace y subirait une action magnétique, quelle qu'en soit d'ailleurs l'origine.

L'intensité d'un champ magnétique, en un point, pourrait être mesurée par l'énergie avec laquelle serait déviée une petite aiguille aimantée à saturation et placée en ce point.

La direction prise par cette aiguille indiquerait la direction de la résultante des actions magnétiques en ce point; l'ensemble de ces directions constitue les lignes de force.

INDUCTION MAGNÉTO-ÉLECTRIQUE
LOIS QUI LA RÉGISSENT

Si dans un champ magnétique tel que celui qui vient d'être défini, on met en mouvement un fil conducteur, il sera parcouru par un courant électrique pendant tout le temps du mouvement. Le sens du courant est déterminé par la nature du champ magnétique et le sens du mouvement du fil.

(1) La force électromotrice en chaque élément

du fil est proportionnelle à la longueur de cet élément.

(2) Elle est proportionnelle à la vitesse du mouvement comptée perpendiculairement aux lignes de force du champ magnétique.

(3) Enfin, elle est proportionnelle à l'intensité du champ.

Réciproquement :

(4) Si dans un fil placé dans un champ magnétique on lance un courant, ce fil prendra un mouvement de sens contraire à celui qu'il faudrait lui donner pour obtenir le même courant par l'action du champ.

C'est là le phénomène de l'induction, et telles en sont en quelques mots les lois principales.

Les machines génératrices d'électricité utilisent ce phénomène ; elles sont essentiellement des appareils propres à faire passer rapidement et d'une façon aussi continue que possible un conducteur ou une série de conducteurs dans un ou plusieurs champs magnétiques, et à recueillir les courants ainsi engendrés.

Les champs magnétiques dont ces machines font usage peuvent être dus soit à un aimant permanent, la machine ainsi faite est dite magnéto-électrique, soit à un électro-aimant, la machine est alors dynamo-électrique. Dans ce dernier cas, le courant qui produit l'aimantation de l'électro-aimant peut être pris à une source extérieure, la machine fonctionne alors comme une machine magnéto-électrique, ou bien, et c'est le cas le plus fréquent, il peut être engendré par le courant même produit par la machine, l'intensité du champ magnétique dépend alors de l'action de la machine elle-même.

Nous raisonnerons toujours comme si nous faisions usage d'une machine des systèmes Gramme ou Siemens ; ces appareils, ainsi que cela a été déjà dit, fournissent des courants d'une régularité assez grande pour qu'on puisse les considérer comme constants, ce qui est nécessaire pour en simplifier l'étude.

Elles comprennent un système, soit d'aimants, soit d'électro-aimants, produisant un champ magnétique, système qu'on appelle souvent l'inducteur ; dans ce champ inducteur tourne une pièce mobile en forme d'anneau ou de bobine qui porte le conducteur où se développera le courant et qu'on nomme aussi l'induit ; celui-ci ne forme qu'un seul conducteur replié sur lui-même, de façon que ses diverses parties passent successivement et d'une façon continue dans le champ magnétique.

Sans qu'il soit besoin d'une description précise qui serait nécessairement compliquée, nous pouvons énoncer les lois qui règlent la production du courant et celle de la force mécanique par l'emploi de ces machines.

LOIS DE L'ACTION DES MACHINES GÉNÉRATRICES

Si l'on emploie les machines comme générateurs, elles sont soumises aux lois suivantes :

I. — La force électromotrice d'une machine donnée est proportionnelle à l'intensité de son champ magnétique.

II. — Elle est aussi proportionnelle à la vitesse linéaire avec laquelle les fils traversent ce champ et par suite à la vitesse angulaire de l'anneau tournant et à leur distance du centre.

III. — Elle est également proportionnelle à la longueur développée des fils qui constituent les spires de l'anneau.

Ces lois ne sont autres que les lois générales de l'induction.

Il faut remarquer que ces lois ne dépendent pas de l'état électrique préalable de l'induit ; il pourrait, avant la mise en marche de la machine, être parcouru par un courant, sans que rien fût changé dans les effets de celle-ci ; la force électromotrice qu'elle engendrera viendra se superposer à celle qui produisait le premier courant ; elles s'ajouteront si elles sont de même sens, se retrancheront si elles sont de sens contraire. C'est ainsi qu'on peut équilibrer une pile avec une machine magnéto-électrique.

Si l'on emploie les machines comme moteurs, on envoie dans leur anneau un courant extérieur qui, provoquant des actions inductives sur le champ magnétique, met l'anneau en mouvement conformément à la 4me loi de l'induction énoncée ci-dessus : celui-ci développe alors une action mécanique par la somme des actions élémentaires exercées sur chacune de ses parties, et cette action comme dans tous les corps qui ne peuvent que prendre un mouvement de rotation se mesure par un couple, système de deux forces égales parallèles et de sens contraire.

Une quatrième loi se manifeste alors.

IV. — L'action mécanique, la grandeur du couple (produit de l'effort tangentiel par sa distance au centre), pour une machine donnée est proportionnelle au champ magnétique et à l'intensité du courant ; elle est indépendante de la vitesse imprimée à l'anneau.

Une expérience fondamentale démontre cette loi.

Supposons qu'on opère d'abord avec une machine ayant pour inducteur des aimants permanents ; nous la soumettons à l'action du courant engendré par une pile voltaïque et nous plaçons, sur son anneau tournant, un frein de Prony chargé d'un poids constant ; de cette façon, lorsque l'an-

neau tournera, la machine fournira une quantité de travail constant par tour : nous aurons soin d'ailleurs de placer dans le circuit un galvanomètre propre à indiquer les intensités. Nous plaçons successivement dans le circuit des éléments jusqu'au nombre n_0 à ce moment la machine se met en mouvement mais très lentement, pour ainsi dire sans vitesse, on peut considérer ce point comme le point précis où la résistance du frein est équilibrée ; nous introduisons un élément de plus, la vitesse s'accroît le courant restant constant ; mesurons la vitesse ainsi atteinte, désignons la par v; au lieu de 1 élément, mettons alors en circuit 1, 2, 3, 4..., n éléments ajoutés aux n_0 premiers, nous verrons la vitesse devenir $2\,v$, $3\,v$, $4\,v$..., $n\,v$, et varier ainsi proportionnellement à l'accroissement du nombre des éléments. D'après la première loi énoncée au sujet des machines, celle qui est en expérience ne peut se mettre ainsi en mouvement sans engendrer une force électromotrice inverse de celle de la pile. Cette force électromotrice sera proportionnelle à la vitesse de rotation puisque le champ magnétique, produit par des aimants permanents, est constant ; or, nous voyons d'une part que les vitesses successives $2\,v$, $3\,v$..., $n\,v$ sont proportionnelles à n, tandis que de l'autre côté les éléments de pile ajoutés depuis le démarrage sont au nombre de 1, 2, 3..., n : il est aisé de comprendre alors ce qui se passe ; à mesure que nous ajoutons une nouvelle force électromotrice dans la pile, le courant augmente momentanément, la vitesse de la machine s'accroît alors proportionnellement, puisqu'il n'y a plus équilibre entre l'effort moteur et l'effort résistant, et cet accroissement continue jusqu'à ce qu'il ait créé une force contre-électromotrice compensant la première et maintenant le courant constant ; l'effort mécanique et le travail par tour restent donc les mêmes, mais le nombre de tours par unité de temps augmentant, le travail absolu augmente.

Si l'on prenait une machine dynamo-électrique, les choses se passeraient un peu autrement, mais le résultat serait le même. Si l'on suppose en effet que, le régime étant établi, le courant moteur augmente, la force contre-électromotrice de la machine travaillante augmente pour deux raisons : l'une est que sa vitesse s'accélère, l'autre que son champ magnétique tend à s'accroître, cette force contre-électromotrice augmentera ainsi comme dans le cas précédent jusqu'à ce qu'elle ait annulé l'effet produit par l'augmentation de la première ; mais alors, le courant étant réduit à l'intensité de régime, le champ magnétique de la machine réceptrice est revenu à sa première valeur, l'augmentation de sa force électromotrice négative ne peut donc être due qu'à l'augmentation de sa vitesse qui aura dû varier, comme dans le cas précédent, proportionnellement à l'augmentation de la force électromotrice positive.

Le point très important à signaler dans ces faits d'expérience, c'est qu'à une certaine intensité de courant correspond toujours dans une machine employée comme moteur, un effort mécanique déterminé et un seul. Ce résultat pouvait être prévu. Supposons en effet que l'on empêche une machine de Gramme de tourner et qu'on y lance un courant d'intensité I ; pour cette intensité, elle exerce un effort bien déterminé T sur l'obstacle qui l'arrête. Si l'on suppose maintenant qu'on la fasse travailler en lui demandant le même effort, elle ne pourra le faire que si elle reçoit cette même intensité ; en effet supposons qu'elle en reçoive une plus grande, elle développera un effort plus grand que T, il y aura donc un travail moteur supérieur au travail résistant et la machine ira en s'accélérant indéfiniment ; en se comportant ainsi, elle développera une force contre-électromotrice indéfiniment croissante et cet état de choses ne pourra cesser que lorsque cette force contre-électromotrice aura détruit l'excès d'intensité et ramené le courant à sa première valeur I ; ce qu'il fallait démontrer.

On peut tirer de ces remarques des conclusions intéressantes : supposons que nous reprenions les choses au moment où la pile renferme n_0 éléments ; à ce moment, l'intensité est I, et il se dépense dans la pile une quantité Z de zinc par élément, soit pour l'ensemble n_0 Z d'après la loi Faraday. Ajoutons n éléments, la vitesse de la machine réceptrice qui était nulle, deviendra $n\,v$, v étant la vitesse qu'elle prend lorsqu'on ajoute un élément de pile aux n_0 déjà en circuit ; soit T le travail constant que la machine fait par tour ; à ce point nouveau, l'intensité étant toujours la même, la pile génératrice dissout toujours une quantité Z de zinc par élément (loi de Faraday) ; elle en consomme donc (n_0+n) Z, ce qui nous donne la mesure du travail total qu'elle engendre d'après le principe de la conservation de l'énergie ; ce travail est donc proportionnel à n_0+n nombre des éléments, c'est-à-dire à la force électromotrice positive E ; d'autre part, la machine motrice fait $n\,v$ tours, le travail constant par tour étant T, elle produit $n\,v$ T ; le travail utile est donc proportionnel à $n\,V$, c'est-à-dire à la force contre-électromotrice e de cette machine, qui est proportionnelle à la vitesse, le champ magnétique n'ayant pas varié. Enfin, le rapport de ces deux travaux, le rendement économique, sera proportionnel à $\frac{e}{E}$. Nous revenons ainsi par une autre voie aux lois déjà plusieurs fois énoncées qui régissent le transport de l'énergie sous ses diverses formes.

Réalisons maintenant l'expérience en constituant un transport réel de force mécanique, c'est-à-dire en mettant sur un circuit deux machines, l'une fonc-

tionnant comme générateur, la seconde comme récepteur. Pour simplifier, nous supposerons que ces deux machines sont identiques. La première est reliée à un générateur de force quelconque qui la mettra en mouvement, la seconde est en relation avec une machine outil ou avec un frein qui lui impose un effort mécanique déterminé et un travail constant par tour. La première machine commence son mouvement, s'accélère peu à peu, en produisant une force électromotrice et une intensité graduellement croissantes jusqu'au moment où la deuxième machine, recevant une intensité suffisante, se met en mouvement à son tour et commence à produire du travail. A partir de cet instant, l'intensité est constante, comme cela a été démontré dans le paragraphe précédent, et si l'on continue à faire croître la vitesse de la première machine, celle de la seconde la suivra et croîtra en même temps.

Les deux machines étant identiques, et traversées par le même courant, qui est d'ailleurs constant, les efforts mécaniques qu'elles exercent et le travail par tour sont égaux, en vertu du principe précédent, les vitesses seules sont différentes.

Le travail engendré par la première machine est mesuré par le produit de sa vitesse et du travail par tour; le travail produit par la seconde est également le produit de sa vitesse et de ce même travail; le rendement économique est donc mesuré par le rapport de ces vitesses.

Mais quelles que soient ces vitesses, le courant est constant; la résistance étant invariable, la différence des forces électromotrices qui l'engendrent doit être également invariable; or, le champ magnétique étant le même dans les deux machines, les forces électromotrices respectives sont mesurées par les vitesses de rotation; la différence de ces vitesses sera donc constante. On voit que le rendement est mesuré par le rapport de deux vitesses, dont la différence est constante; il y aura donc intérêt à prendre les vitesses aussi grandes que possible, afin d'améliorer ce rendement.

On peut donc se représenter le transport de la force mécanique par l'électricité comme une véritable transmission par le moyen d'un organe matériel, tel qu'une courroie reliant les deux machines supposées munies de poulies égales : *l'effort mécanique est effectivement et intégralement transmis, comme s'il y avait une liaison réelle entre les deux appareils;* seulement la courroie ainsi supposée glisse et permet à une différence de vitesse de se manifester entre le générateur et le récepteur, la vitesse de ce glissement est contante, et la différence de vitesse entre les deux appareils garde sa valeur tout le temps du travail; elle dépend de la charge de la seconde machine.

APPLICATION NUMÉRIQUE

Les lois du transport de la force mécanique que nous avons trouvées *a priori*, par la seule considération des propriétés générales de l'énergie, sont ainsi complètement étudiées et éclairées par l'expérience. Il reste un point à traiter; c'est de montrer comment elles peuvent passer immédiatement dans la pratique, avec quelle simplicité elles s'appliquent aux appareils actuellement en usage et quels résultats on en peut tirer (1).

Cette application aura le double avantage de donner un exemple et de montrer numériquement la réalité des lois énoncées. On ne saurait trop insister sur ce point, cette question étant une de celles où les doutes ont subsisté le plus longtemps, principalement sur le principe du rendement indépendant de la distance; à une époque encore assez peu éloignée, lorsque je présentai à l'Académie l'énoncé de ce fait dans une note insérée aux *Comptes rendus*, il fut accueilli avec une très grande défiance, même parmi les électriciens.

Dans les récits des expériences les plus connues, faites jusque alors sur ce sujet (Sermaize, Noisiel), on avait toujours donné à entendre que la distance était un élément très nuisible, et que plus elle était considérable, plus les conducteurs devaient être gros. Des savants étrangers, amplifiant encore cette influence néfaste, allèrent jusqu'à écrire que pour transmettre au loin le travail des chutes du Niagara, il faudrait une quantité de cuivre dépassant tout ce que recèlent les gisements du lac Supérieur. J'avais donc, on en conviendra, quelque mérite à affirmer une vérité aussi méconnue.

Mais, depuis peu de temps, cette vérité s'est fait jour, et, par une réaction assez commune dans l'histoire des sciences, on n'a pas craint, dans des conférences, dans des articles de journaux scientifiques, d'affirmer, sur l'autorité de savants anglais et américains, que pour répandre dans le monde entier le travail des chutes susnommées, il suffirait d'un petit câble de 1/2 pouce anglais (environ 13 millimètres) de diamètre. Quand on réfléchit que la quantité de travail dont il s'agit représente *au moins deux millions de chevaux-vapeur*, et probablement beaucoup plus, il faut reconnaître que les savants en question n'ont pas une idée bien nette de ce que représente ce chiffre, ou qu'ils ont commis des erreurs de calcul que l'absurdité du résultat aurait dû leur faire apercevoir.

On trouve en effet que, même en supposant nulle la résistance intérieure des machines génératrices

(1) Les calculs qui suivent ont été effectués vers le mois d'avril 1880, ils ont été publiés dans les nos 38 et 42 de *La Lumière Electrique*, année 1880; j'ai cru devoir les reproduire dans ce travail d'ensemble, dont ils forment une partie nécessaire.

et réceptrices — ce qui est absolument inadmissible — et en admettant que l'on se contente de transmettre le travail à 75 kilomètres de distance (nous sommes loin du monde entier), il faudrait, pour avoir un rendement de 50 pour cent, que la machine génératrice développât une force électromotrice de 173 000 volts [1]. Si au contraire on tient compte de la résistance intérieure des machines, en la supposant proportionnellement aussi petite que dans celles construites récemment pour la galvanoplastie par la maison Siemens, et qui est de 7/10 000 d'ohm pour une force électromotrice de 3 volts, et si, en outre, on néglige la résistance du conducteur, on trouve que la force électromotrice devrait être de 1 million et demi de volts, nombre effrayant et dont les phénomènes de la foudre peuvent seuls donner une idée [2].

Il est théoriquement certain qu'un fil d'un diamètre aussi petit qu'on voudra peut transmettre une quantité d'énergie illimitée, à la condition que la tension électrique soit d'autant plus élevée qu'il a une section plus faible; mais il y a à cette tension une limite imposée par les difficultés d'isolement, et les auteurs du projet de transport de l'énergie de la chute du Niagara par un conducteur de 13 millimètres de diamètre, paraissent considérer ces difficultés comme résolues. Mais alors, pourquoi avoir fixé ce chiffre de 13 millimètres et ne pas avoir pris le fil télégraphique ordinaire de 4 millimètres? Il n'en aurait coûté que d'élever un peu plus la tension de la source, et quand on compte par millions de volts, on a tort d'hésiter pour si peu.

Si j'insiste sur ces nombres invraisemblables, c'est pour montrer qu'ils ne sont pas le résultat de calculs sérieux, mais qu'ils avaient simplement pour but de frapper l'opinion et d'amener une réaction contre cette idée que de très gros conducteurs étaient nécessaires. Mais l'exagération même de cette réaction tend à faire croire que les inventeurs du câble de 13 millimètres avaient, à cet égard, un sentiment plutôt qu'une opinion motivée.

Je me propose, au contraire, de donner sur ce sujet des nombres précis, et je vais — ce qui n'a pas encore été fait, à ma connaissance, — résoudre le problème suivant :

« Etant donnée une machine dynamo-électrique existante et soumise à des expériences dynamométriques dans le but de déterminer le travail qu'elle absorbe lorsqu'on l'emploie pour l'éclairage, trouver les résultats qu'on peut en attendre lorsqu'on l'applique à transmettre du travail à travers un conducteur de résistance connue. »

Pour montrer combien ce sujet est facile à traiter sans avoir recours à des multitudes de formules et de lettres, je vais à dessein éviter le plus possible les notations algébriques et n'employer que des raisonnements d'ordre arithmétique. Cette méthode terre-à-terre possède au moins l'avantage de jeter une grande clarté sur la filiation des raisonnements et d'inspirer, par suite, une grande confiance dans les résultats obtenus.

Je vais prendre comme exemple la machine Gramme, type C, en me servant des résultats obtenus dans les expériences faites à Chatham.

Je supposerai dans tout ce qui va suivre que les deux machines génératrice et réceptrice sont identiques; cette hypothèse m'est imposée, parce que si je supposais les machines dissemblables, la solution du problème exigerait que je connusse ce que j'ai appelé leur *caractéristique*, courbe spéciale dont la nature sera définie plus loin, et dont l'étude sera faite à propos de la distribution de l'énergie.

Je m'appuierai sur les lois que nous avons énoncées plus haut, et spécialement sur les considérations qui viennent d'être développées concernant la transmission à distance d'un effort mécanique constant.

Une autre considération est nécessaire. Nous avons, en effet, à modifier la disposition des machines actuelles pour les approprier à cette application spéciale; parmi les éléments de ces machines, il en est un dont la loi de variation est mal connue, on sait imparfaitement comment le champ magnétique se modifie lorsque l'intensité du courant et l'enroulement des fils changent; afin d'éviter cette difficulté, nous ne ferons pas varier le champ magnétique dans la machine, pour cela, nous remarquerons que :

L'intensité du champ magnétique ne change pas quand le produit du nombre de tours du fil des bobines des électros excitateurs par l'intensité du courant est constant, à la condition que le volume total du fil des bobines reste inaltéré. Si par exemple le fil des électros fait 1000 tours et si l'intensité du courant est de 10 ampères, le champ magnétique produit pourra être obtenu aussi avec un autre fil de section moindre faisant 10000 tours parcourus

---

(1) Ce résultat s'obtient aisément au moyen de la formule

$$T = \frac{E(E-e)}{gR};$$

le rendement $K = \frac{e}{E}$ étant donné, on en tire immédiatement

$$E = \sqrt{\frac{gRT}{1-K}}.$$

(2) La force électromotrice d'une machine de Holtz serait, d'après M. Rossetti, égale environ à 55 000 volts, c'est à-dire 27 fois moindre que le nombre de volts que je viens d'indiquer; ces machines donnent cependant des étincelles de 0^m20 de longueur ! S'il y avait proportionnalité entre les longueurs d'étincelle et les différences de potentiel, une machine, dont la force électromotrice serait égale à 1 500 000 volts, donnerait des étincelles de près de 6 mètres.

par un courant de 1 ampère à la condition que le volume et la forme des bobines n'aient pas été changés. La section du fil devrait être dans ce cas $\frac{1}{10}$ de celle du fil primitif en supposant que l'épaisseur de la couche isolante soit proportionnelle au diamètre du fil nu. Cette loi s'applique également au champ magnétique propre à l'anneau, ainsi que cela sera démontré dans la seconde partie de ce travail.

Ces lois fort simples rappelées, je passe immédiatement à l'application numérique et je prends comme exemple les machines Gramme, type C, expérimentées à Chatham et qui ont donné les résultats suivants :

Nombre de tours par minute	1200
Intensité du courant, ampères	81,22
Force électromotrice, volts	69,9
Travail absorbé en kilogrammètres par seconde	579
Travail par tour en kilogrammètres	29
Résistance des inducteurs, ohms	0,15
Résistance de l'anneau	0,06

Supposons maintenant que nous donnions au fil des inducteurs et de l'anneau une section égale à la cinquantième partie de la section primitive, je dis que leur résistance deviendra 2 500 fois aussi considérable. En effet, le volume total du fil ne changeant pas, sa longueur deviendra 50 fois aussi considérable, mais comme sa section est d'autre part 50 fois moindre, sa résistance deviendra $50 \times 50 = 2\,500$ fois aussi grande. Nous aurons donc :

	ohms
Résistance des inducteurs	375
Résistance de l'anneau	150
	525

Si nous avons deux machines semblables, l'une génératrice, l'autre réceptrice, placées aux extrémités d'un fil télégraphique ordinaire en fer galvanisé de 4 millimètres de diamètre et de 50 kilomètres de longueur, la résistance totale se décomposera ainsi qu'il suit :

Machine génératrice, ohms	525
Ligne (50×9), ohms	450
Machine réceptrice, ohms	525
	1500

Pour que le champ magnétique ait la même valeur que dans les expériences de Chatham, il faut que le produit du nombre de tours du fil inducteur par l'intensité du courant reste le même (3me loi). Or, le fil inducteur, ayant une section 50 fois moindre et occupant le même volume, a une longueur et par suite un nombre de tours 50 fois aussi considérable; par conséquent, l'intensité du courant nécessaire à la production du champ magnétique doit être réduite à $\frac{1}{50}$ de sa valeur primitive (81.22 ampères), soit à 1 624 ampères. La force électromotrice nécessaire pour produire cette intensité dans le circuit total est égale à $1\,624 \times 1500 = 2\,437$ volts. Or, le fil de l'anneau faisant autour de ce dernier 50 fois autant de tours que dans la machine de Chatham, la force électromotrice dont il est le siège devient 50 fois aussi grande à vitesse égale; elle serait donc, à la vitesse de 1 200 tours par minute, égale à $69.9 \times 500 = 3\,495$ volts.

Mais comme nous n'avons besoin que d'une force électromotrice de 2 437 volts (la machine réceptrice étant immobile), la vitesse devra être réduite dans le rapport de 2 437 à 3495; elle sera donc égale à $1\,200 \times \frac{2437}{3495}$ tours par minute $= 835.5$.

Quant à la dépense d'énergie nécessaire pour entretenir ce courant, elle aura pour expression $\frac{EI}{g}$, soit $\frac{2\,437 \times 1\,624}{9\,81} = 403$ kilogrammètres par seconde.

Le nombre de tours du fil des inducteurs et du fil des induits étant 50 fois aussi grand que dans la machine de Chatham, et le courant 50 fois moindre, il est évident, d'après la troisième loi, que les efforts mécaniques développés entre les inducteurs et les induits sont restés les mêmes, c'est-à-dire que, si on laissait tourner la seconde machine en maintenant constante l'intensité du courant (1 ampère 624), elle développerait 29 kilogrammètres par tour.

Par conséquent, si nous voulons qu'elle développe un travail de 10 chevaux-vapeur, ou 750 kilogrammètres par seconde, elle devrait faire $\frac{750}{29}$ tours par seconde, soit $\frac{750 \times 60}{29} = 1\,552$ tours par minute. Mais, en vertu de la 5e loi, il faut, pour que l'intensité du courant reste constante, que la différence des vitesses des deux machines soit aussi constante. La vitesse de la machine devra donc être égale à $1\,552 + 835 = 2\,387$ tours par minute.

Je rappelle d'ailleurs que, en raison de la 1re et de la 4e loi, les efforts mécaniques des deux machines sont égaux et indépendants de leur vitesse, le courant restant constant. La machine génératrice absorbera donc aussi 29 kilogrammètres par tour, ou par seconde $\frac{29 \times 2\,387}{60} = 1\,154$ kilogrammètres par seconde ou 15.4 chevaux.

Le rendement économique, c'est-à-dire le rapport du travail restitué par la seconde machine au travail absorbé par la première, aura pour expression :

$$\frac{29 \times 1852}{29 \times 2307} = \frac{1552}{2378} = 65\,\%.$$

Le travail total de 1 154 kilogrammètres par seconde, absorbé par la génératrice, se décompose donc ainsi qu'il suit :

	Kilogrammètres par seconde.
Travail développé par la machine réceptrice	750
Énergie calorifique développée dans la totalité du circuit	404
Total.	1153

Si nous voulions savoir comment est réparti le travail absorbé par l'échauffement du circuit, nous pourrions le calculer directement par la formule $\frac{RI^2}{g}$ qui nous donnerait :

Pour la machine génératrice :

Kilogrammètres par seconde.

$$\frac{525 \times \overline{1,624}^2}{9,81} = \ldots\ldots \quad 141$$

Pour la machine réceptrice :

$$\frac{525 \times \overline{1,624}^2}{9,81} = \ldots\ldots \quad 111$$

Pour le fil extérieur :

$$\frac{450 \times \overline{1,624}^2}{9,81} = \ldots\ldots \quad 121$$

403

On voit donc qu'il est possible, avec deux machines identiques du type C, de transmettre un travail utile de 10 chevaux à 50 kilomètres de distance au moyen d'un fil télégraphique ordinaire, la force motrice initiale étant d'environ seize chevaux.

Le rendement serait, en réalité, un peu moindre par suite des pertes de travail dues aux courants d'induction parasites, développés dans les masses métalliques en mouvement des deux machines, et des frottements, vibrations, etc., résultant d'un mouvement de rotation très rapide.

Il convient de rechercher la valeur de la force électromotrice de la première machine pour se faire une idée de la perfection que l'on devrait apporter à l'isolement des fils.

Or sa vitesse étant de 2387 tours, la force électromotrice qui en résulte serait sensiblement le double de celle qui correspond à la vitesse de 1200 tours et que nous avons trouvée être de 3495 volts, soit exactement 6 952 volts. C'est une force électromotrice égale à celle de 6440 éléments Daniell.

Il est certain que cette tension exigerait un isolement très soigné, mais qui ne présente, selon moi, aucune difficulté insurmontable, puisque, dans le but de faire sauter les mines, on est parvenu, depuis longtemps déjà, à transmettre à plusieurs kilomètres l'étincelle d'une bobine d'induction dont la tension est bien supérieure à 7000 volts. Je pense avoir exposé, avec suffisamment de détails, la marche à suivre dans des problèmes de ce genre, pour montrer qu'ils ne présentent aucune difficulté, et pour mettre le lecteur à même d'apprécier la rigueur et l'extrême simplicité de la méthode que j'ai suivie.

Je ne puis m'empêcher de faire remarquer, en terminant, que la théorie des moteurs électriques est beaucoup plus simple que celle des moteurs thermiques. Les problèmes relatifs à ces derniers conduisent, en effet, à des questions presque toujours inextricables, et qu'on ne peut simplifier, qu'en admettant des hypothèses incompatibles avec la réalité. Ainsi on ne peut même pas, dans l'état actuel de la science, exprimer par une équation rigoureuse la loi de détente adiabatique de la vapeur d'eau.

DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

THÉORIE GRAPHIQUE DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

La distribution de l'énergie suppose qu'un certain nombre d'appareils propres à utiliser l'électricité, qui peuvent être d'ailleurs de nature diverse et de différente puissance, étant mis en relation avec un même générateur, celui-ci est disposé de façon à produire l'énergie nécessaire pour leur marche et à l'envoyer constamment à chacun d'eux; chacun des appareils peut d'ailleurs être arrêté ou mis en action à un instant quelconque, la production électrique devant se conformer constamment à ces divers états.

On voit que dans ces conditions nouvelles la quantité totale d'énergie à produire est constamment variable. Nous savons que cette quantité est représentée par l'expression EI, E étant la force électromotrice du générateur, I l'intensité du courant. C'est donc ce produit qu'il faudra faire varier suivant la demande des appareils récepteurs. On pourrait agir sur les deux facteurs à la fois, mais il est clair que les procédés simples consisteront à agir séparément sur chacun d'eux.

On pourra donc :

1° Laisser I constant en faisant varier E;

2° Laisser E constant en faisant varier I.

Le premier procédé conduira à placer tous les récepteurs sur un même circuit parcouru par un courant dont l'intensité sera I, les appareils seront alors en tension ou, autrement dit, en série.

Le second conduira à placer les appareils sur des circuits distincts aboutissant aux deux pôles du générateur dont la différence de potentiel *e* sera constante, les appareils seront alors en dérivation.

Une comparaison fera comprendre d'une façon sensible ces deux modes de distribution.

Supposons qu'il s'agisse d'utiliser une chute d'eau en la divisant entre plusieurs roues hydrauliques, ou mieux des appareils à piston, on pourra, si la hauteur est suffisante, les placer l'un au-dessus de l'autre, chacun d'eux recevant la totalité de l'eau, mais n'utilisant qu'une partie de sa hauteur; dans ce cas, si on voulait introduire un appareil de plus, on ne devrait pas changer le débit du cours d'eau, mais il serait nécessaire d'accroître la hauteur de chute : les appareils seraient alors en série ou en tension. On pourrait au contraire placer les appareils récepteurs l'un à côté de l'autre, chacun d'eux utilisant toute la hauteur de la chute, mais ne recevant qu'une partie de l'eau; en cas d'adjonction, il faudrait alors, sans changer la hauteur de chute, augmenter le débit de la rivière pour faire le service du nouvel appareil : ils sont alors en dérivation.

Revenons à la distribution d'électricité.

Dans le premier système, si le nombre des appareils récepteurs en service vient à varier, l'intensité devant rester constante, malgré des résistances ou des forces électromotrices introduites dans le circuit, l'intervention d'un régulateur faisant varier le potentiel apparaît d'elle-même comme nécessaire.

Dans le second système, sa nécessité est un peu moins immédiatement visible. Il pourrait sembler en effet qu'en prenant un appareil générateur à force électromotrice constante E, en vertu de la loi de Ohm, un circuit quelconque de résistance R recevra un courant d'intensité $I = \frac{E}{R}$; si l'on en ajoute un second pareil, la résistance composée de deux conducteurs égaux serait alors réduite à moitié, l'intensité devenant $I' = \frac{E}{\frac{R}{2}}$ serait doublée et le service du second circuit assuré. Ces déductions sont fausses, parce qu'il n'y est pas tenu compte d'un élément que nous n'avons pas eu jusqu'ici à signaler d'une façon spéciale et qui est la résistance intérieure du générateur. Il est nécessaire actuellement de la mettre en ligne, si on la représente par r, la résistance extérieure étant R, l'expression vraie de l'intensité sera $I = \frac{E}{r + R}$, l'adjonction d'un circuit extérieur semblable au premier donnera $I' = \frac{E}{r + \frac{R}{2}}$, on voit immédiatement que cette expression n'est pas double de la première; le service des deux appareils ne pourra donc être assuré qu'en introduisant, comme dans le premier cas, une régulation faisant varier la force électromotrice E de façon que la différence de potentiel e aux bornes du générateur soit toujours ramenée à la valeur qu'elle avait précédemment et dont la variation de la résistance extérieure tend à l'écarter.

La formule $I = \frac{E}{r + R}$ montre que si r est très petit relativement à R, on se rapproche d'un appareil dont la résistance serait nulle, la régulation devient alors moins nécessaire; pour certains cas restreints, dans des conditions spéciales, on peut arriver pratiquement à des installations fonctionnant d'une façon suffisante; cela ne constitue pas une solution, et serait absolument inapplicable sur un circuit étendu avec des appareils très différents, d'autant plus que dans une distribution de quelque importance, le transport à distance devient un élément dont il faut tenir compte; on est alors conduit, comme nous le savons, à employer l'électricité à des tensions assez élevées, et, par suite, à grossir la résistance des appareils générateurs, ces deux conditions étant difficilement séparables.

Il faut donc reconnaître que, pour faire la distribution de l'énergie, on doit prévoir un système de régulation qui maintiendra constante l'intensité si les appareils sont placés en série, la différence de potentiel aux points de départ s'ils sont placés en dérivation.

Dans tous les cas, une solution complète de la distribution devra répondre à trois conditions :

1° Tous les appareils récepteurs doivent recevoir chacun leur part d'énergie, fonctionner d'une façon indépendante et sans s'influencer les uns les autres;

2° La régulation nécessaire pour atteindre ce résultat doit s'opérer automatiquement et instantanément par l'action seule de l'appareil et sans l'intervention de surveillants ou d'agents;

3° La régulation doit être telle que le générateur ne produise, à chaque instant, que la quantité totale d'électricité nécessaire au service des appareils en action.

Les deux modes de groupement indiqués ci-dessus peuvent être appliqués; néanmoins, la disposition en dérivation est dans la grande majorité des cas préférable : la régulation y est plus facile; de plus, la disposition en série met tous les appareils dans une dépendance réciproque beaucoup plus complète que l'autre système, en sorte qu'une faute en un point du circuit aurait sur l'ensemble une influence beaucoup plus grave.

Les théorèmes qui vont être démontrés permettent d'ailleurs de résoudre les deux cas.

Dans les études que nous allons exposer, on considérera principalement la distribution de la force mécanique, celle-ci étant le but le plus important à atteindre; néanmoins les solutions sont absolument générales.

REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DE LA MARCHE DES MACHINES, CARACTÉRISTIQUES POUR UNE VITESSE DONNÉE [1].

Prenons une machine dynamo-électrique à courant continu et faisons-la tourner avec une vitesse constante.

Donnons-lui alors divers circuits, tels que la résistance totale fournie par chacun d'eux (y compris celle de la machine) soit bien connue. Pour chaque résistance R, mesurons l'intensité I et calculons $E = RI$ [2].

Nous aurons ainsi pour chaque expérience une valeur de E correspondant à une valeur de I. En prenant pour abscisse I et pour ordonnée E, on peut former une courbe (fig. 5), que nous appellerons la *caractéristique* de la machine expérimentée. La forme de cette courbe dépend, en effet, de la construction de la machine, des dimensions et des

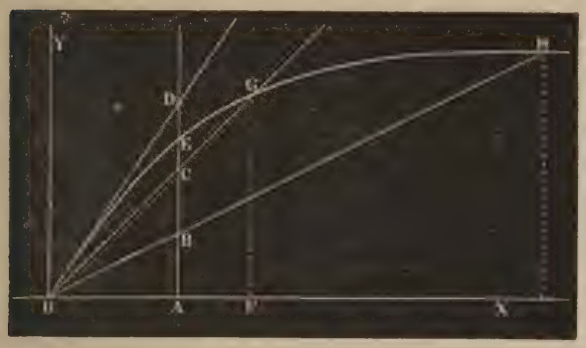


FIG. 5

rapports de ses diverses parties; elle en représente le fonctionnement et caractérise nettement l'appareil. Cette courbe permet d'ailleurs, comme on le verra, de résoudre toutes les questions qui peuvent se poser dans l'emploi d'un appareil de cette nature.

En effet, pour une intensité quelconque I, la courbe nous donne immédiatement la valeur correspondante de E pour la vitesse V choisie.

On en conclut immédiatement la valeur de la résistance, car on déduit de la loi de Ohm $I = \frac{E}{R}$ l'expression $R = \frac{E}{I} = \frac{GF}{OF} = \text{tang. } GOF$; la résistance R totale dans ce système est donc représentée par la tangente d'un angle.

Si l'on veut l'exprimer numériquement, il suffira de prendre sur l'axe des x une longueur OA quelconque; on élèvera en ce point une ordonnée indéfinie, sur laquelle on portera une longueur égale à OA; cette longueur représentera l'ohm, puisqu'elle représente la formule $\frac{E}{I} = 1$ ohm, correspondant à tangente $45° = 1$, elle servira donc à graduer l'ordonnée OD. Si l'on considère un point quelconque H de la caractéristique, la longueur AB interceptée par la ligne OH représentera la résistance en ohms.

L'examen de cette courbe conduit à l'explication de plusieurs phénomènes intéressants. La forme sous laquelle nous la donnons est celle qu'elle affecte pour les machines Gramme du type ordinaire à des vitesses moyennes, ainsi que la théorie m'avait amené à le prévoir et comme l'expérience l'a depuis pleinement démontré.

Partons d'une valeur moyenne OG de la résistance et faisons-la diminuer, la ligne OG s'abaisse vers OX dans la direction OH, on voit que la force électromotrice augmente d'abord rapidement, ensuite de moins en moins vite et finit par devenir stationnaire, la courbe tendant à devenir parallèle à l'axe des x; cela tient à ce que l'aimantation du fer doux des électro-aimants ne croît pas indéfiniment, et qu'il y a un point de saturation, que l'on n'atteint pas en réalité, mais vers lequel on tend, que l'on atteint presque et qui forme probablement une asymptote de la courbe.

D'autre part, au lieu de diminuer la résistance augmentons-la : la ligne OG tournera vers l'axe des y, elle coupera ainsi la courbe de plus en plus près de l'origine, et pour une position OD elle lui deviendra tangente, à ce point il n'y a plus de courant; c'est le phénomène nommé désamorcement, phénomène jusqu'ici mal expliqué; par la caractéristique on voit comment il y a une résistance déterminée pour laquelle l'excitation est nulle et la machine cesse de fonctionner.

CARACTÉRISTIQUE POUR DIFFÉRENTES VITESSES ET DIFFÉRENTS ENROULEMENTS.

Nous avons établi la caractéristique pour une vitesse de rotation donnée V; si l'on veut avoir la caractéristique de la même machine pour une autre vitesse V', il suffira de multiplier les ordonnées par le rapport $\frac{V'}{V}$ En effet à une même intensité I correspond un même champ magnétique; les forces électromotrices avec des vitesses différentes, sont

(1) Présenté à l'Académie des sciences le 16 mai 1881.

(2) Dans divers documents précédents, on trouvera le mode de construction de la courbe *caractéristique* énoncé comme il suit : « Dans une machine à courant continu, supprimons la communication entre le circuit qui entoure les électro-aimants et forme le champ magnétique inducteur d'une part, de l'autre le conducteur enroulé sur l'anneau ou la bobine, et formant le circuit induit. Pour le circuit inducteur, lançons à l'aide d'une source étrangère des courants d'intensité déterminée faisons tourner l'anneau induit avec une vitesse déterminée enfin mesurons la force électromotrice produite sur l'induit. » Cette façon d'opérer serait inexacte parce que l'on éliminerait l'action que dans le fonctionnement réel le courant circulant dans l'induit exerce sur le champ magnétique.

alors proportionnelles aux vitesses respectives d'après les lois de l'induction. Cette construction donnerait une transformation de la courbe semblable à celle qui est représentée dans la figure 6.

On remarquera que si, au lieu de changer la vitesse de rotation, on change l'enroulement de l'anneau, c'est-à-dire si on modifie le nombre de tours de fil sur l'anneau, sans rien changer aux autres

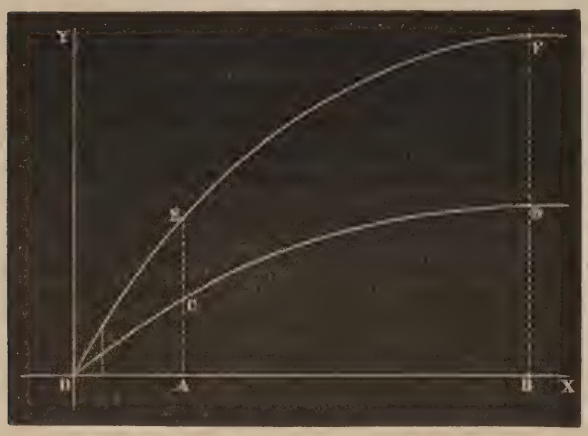


FIG 6

conditions et spécialement au volume de cet anneau (ce qui s'obtiendrait en mettant plus de tours d'un fil plus fin), la nouvelle caractéristique s'obtiendrait par une transformation analogue; en effet t étant l'ancien nombre de tours, t_1, le nouveau, la force

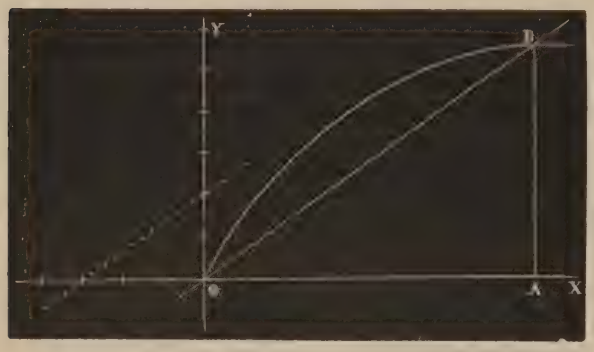


FIG. 7

électromotrice qui, toutes choses égales d'ailleurs, est proportionnelle à la longueur du fil, sera multipliée par le rapport, $\frac{t}{t_1}$.

Si nous considérons (fig. 6) la caractéristique OCD correspondant à la vitesse v et la caractéristique OEF correspondant à la vitesse v_1, les résistances pour une même intensité O A seront données par les tangentes des angles C O A et E O A; on peut obtenir directement ces divers éléments, connaissant la première caractéristique, sans qu'il soit nécessaire de construire la seconde courbe.

En effet, cherchons la force électro-motrice et l'intensité pour une résistance donnée R, pour une vitesse v_1, la caractéristique étant construite pour la vitesse v; soit K le rapport $\frac{v}{v_1}$, soient E et I la force électromotrice et l'intensité cherchées; on sait qu'en nommant e la force électromotrice correspondant à la même intensité pour la vitesse v, pour la vitesse v_1 on aura $E = Ke$, d'où il suit que $I = \frac{Ke}{R}$ ou encore $\frac{e}{I} = \frac{R}{K}$, c'est-à-dire qu'en construisant sur la caractéristique que nous possédons une résistance $\frac{R}{K}$ elle nous donnera l'intensité I. Pour cela, divisons l'axe des y (fig. 7) en parties proportionnelles aux résistances et l'axe des x dans le sens négatif en parties proportionnelles aux vitesses, la vitesse primitive étant prise pour unité, l'unité étant la même pour les deux échelles; mesurons sur l'axe y la résistance R et prenons sur l'axe des x la gran-

FIG. 8

deur $V_1 = Kv$, joignons les points ainsi déterminés; la ligne qui les joint a une inclinaison dont la tangente est $\frac{R}{K}$; menons par l'origine la parallèle O B jusqu'à la rencontre de la caractéristique, la grandeur O A représente I et l'on aura E en prenant $AB \times K$.

On peut apporter aux machines une autre modification consistant à changer l'enroulement de l'inducteur, bien entendu en maintenant toutes les autres dispositions de l'expérience, y compris le volume de cet inducteur; soient t le nombre primitif des spires de l'inducteur, t_1 le nombre nouveau. Le volume total étant le même, le nombre des spires peut compenser l'affaiblissement du courant dans chacune d'elles, en sorte qu'on aura la même excitation, le même champ magnétique, avec des intensités I et I_1 différentes, pourvu qu'on ait $t\,I = t_1\,I_1$. En sorte que, rien n'étant changé d'ailleurs, une force électromotrice E qui correspondait à une intensité I, correspondra actuellement à une intensité $I_1 = I \times \frac{t}{t_1}$, il suffira donc de faire varier les

bscisses dans ce même rapport, comme cela est indiqué dans la figure 8, pour obtenir la nouvelle caractéristique.

Si la machine avait reçu à la fois les deux modifications on opérerait successivement dans la caractéristique les deux transformations ou on tiendrait compte dans le calcul des deux coefficients à introduire.

DIFFÉRENCE DES POTENTIELS EN DEUX POINTS DE CIRCUIT COMPRENANT ENTRE EUX UNE RÉSISTANCE DONNÉE.

Dans un circuit de résistance totale $r + x$ nous voulons savoir quelle est la différence de potentiel e de deux points pris des deux côtés du générateur et comprenant entre eux la résistance r.

Prenons au-dessus de l'axe des x l'angle D O X

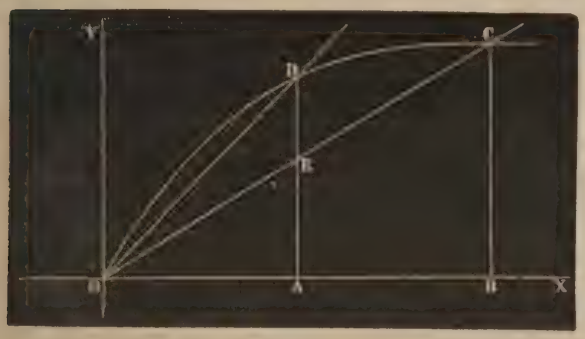


FIG. 9

(fig. 9) tel que tang D O X $= r + x$, et l'angle C O X tel que tang C O X $= r$; ils représenteront, le premier la résistance totale, le second la résistance comprise entre les points donnés.

On a :

$$DA = OA \text{ tang } DOA = I(r + x);$$
$$EA = OA \text{ tang } COA = Ir;$$
$$DA = EA = DE = Ix.$$

or Ix, d'après la loi de Ohm, est la différence de potentiel entre les deux extrémités du circuit de résistance x, qui forme le complément du circuit de résistance r, c'est donc la différence e cherchée.

Supposons, comme cas particulier, que COX représente la résistance intérieure de la machine, et que l'on fasse varier la résistance totale, D E représentera la différence de potentiel aux bornes de la machine; elle sera d'abord nulle lorsque O D coïncidera avec O C, elle ira ensuite en croissant, passera par un maximum pour revenir à zéro lorsque la machine se désamorcera.

Ce phénomène avait été entrevu, la caractéristique permet d'en voir clairement la marche et la raison d'être.

CARACTÉRISTIQUE AVEC CHAMP MAGNÉTIQUE INITIAL, SES CONSÉQUENCES

Supposons actuellement que les inducteurs portent deux circuits distincts formés de fils enroulés ensemble l'un à côté de l'autre, de façon que les deux fils voisins soient sensiblement à la même distance du noyau de fer doux magnétisé ; si deux courants distincts passent dans les deux fils, leurs actions s'ajouteront, et l'excitation sera la même que s'il passait un seul courant égal à la somme des deux courants réels qui circulent.

Cela posé, faisons passer dans un de ces circuits inducteurs un courant constant venant d'une source extérieure ; la résistance de ce circuit ainsi séparé du circuit général n'aura point à compter dans la résistance totale; au contraire le deuxième circuit

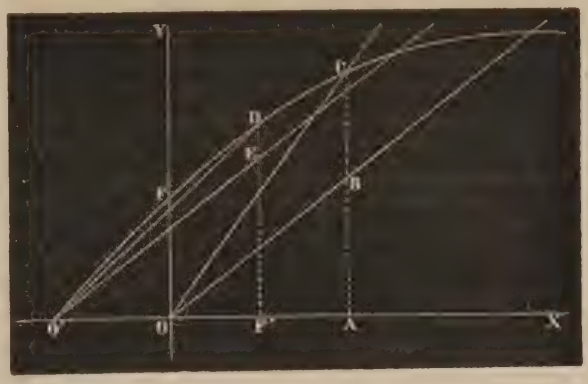


FIG. I

inducteur entrera dans le circuit général et recevra le courant produit par la machine.

Dans ces conditions nouvelles, que devient la caractéristique ?

Il faut remarquer que dans toutes les études que nous allons exposer, nous supposons qu'on fait usage d'une même vitesse constante, les théorèmes précédents montrent comment il faudrait faire pour appliquer les résultats à d'autres vitesses.

Soit O' F C (fig. 10), la caractéristique, obtenue comme nous l'avons fait jusqu'ici. Supposons le circuit inducteur séparé parcouru par un courant d'intensité O' O; l'autre circuit ne fonctionnant pas encore, la force électro-motrice sera O F'; F' sera le point de départ de la nouvelle caractéristique; le circuit général entre alors en fonction et tout se passe comme si un courant égal à la somme de ces deux courants parcourait une seule hélice d'un volume égal à l'ensemble des deux hélices réelles. La caractéristique, à partir de ce point, conserve la forme qu'elle avait, la modification consiste simplement à reporter l'origine des coordonnées du point O' au point O ; la caractéristique partant du

point F′; les résistances se compteront alors à partir du point O.

Une première conséquence s'aperçoit immédiatement; soit, dans le premier état, c'est-à-dire sans champ magnétique extérieur, E O′ X la résistance intérieure de la machine, la différence de potentiel maximum dont on pourra disposer sera représentée par D E et correspondra à la résistance D O′ X. Avec le champ magnétique initial, la résistance intérieure étant B O X = E O′ X, la différence de potentiel disponible croîtra beaucoup comme on le voit par la ligne C B qui n'est pas encore le maximum et qui est très supérieure à D E.

CARACTÉRISTIQUE RECTILIGNE

Si l'on examine une caractéristique, on remarque qu'elle commence par une portion dont la courbure est très faible jusqu'au moment où l'on s'approche du point de saturation des électro-aimants. Jusqu'à ce point, la caractéristique peut être très bien assimilée à une ligne droite. En employant des machines pourvues d'électro-aimants de dimensions considérables par rapport à l'induit, on reculera beaucoup le point de saturation et on prolongera cette partie rectiligne; il y aura sans doute lieu d'appliquer ce procédé lorsqu'on réalisera la distribution sur une vaste échelle, mais, dès à présent et telles qu'elles sont construites, les machines de Gramme, l'expérience l'a prouvé, ont une caractéristique assez rectiligne pour que tous les raisonnements qui vont suivre s'appliquent très bien.

DIFFÉRENCE DES POTENTIELS CONSTANTE

Si l'on relève pour une vitesse donnée la caractéristique d'une machine, on arrivera à tracer, d'après les considérations précédentes, une ligne

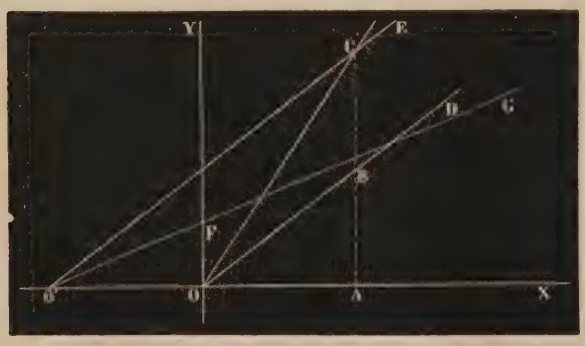


FIG. 11

droite d'une inclinaison déterminée; si l'on fait varier la vitesse, on devra, ainsi que cela a été dit plus haut multiplier toutes les ordonnées par un nombre constant, ce qui revient à faire tourner la caractéristique droite d'un certain angle autour de son point de rencontre avec l'axe des x.

Ceci posé soit O′ G (fig. 11) la caractéristique d'une machine; en lui adjoignant un champ magnétique extérieur constant, la caractéristique sera représentée par la portion F G de la ligne droite. Soit D O X la résistance intérieure de la machine, les lignes F G et O D se rencontrent généralement, en sorte que la portion des ordonnées comprise entre ces lignes, qui représente, comme on sait, la différence des potentiels aux bornes, est variable.

Mais nous possédons le moyen de la rendre constante. Nous pouvons en effet, en modifiant la vitesse, faire tourner la droite O′ G autour du point O′; il nous sera donc possible de l'amener à la position O′ C, parallèle à O D. Dans ces conditions, la ligne C B qui représente la différence des potentiels aux bornes est constante, quelle que soit la résistance totale C O X que l'on donne au circuit.

DISTRIBUTION EN DÉRIVATION

Pour obtenir des circuits en dérivation fonctionnant indépendamment les uns des autres, il suffit, nous le savons, de maintenir, aux bornes de la machine, une différence de potentiel e constante; chacun des circuits reçoit alors une intensité $i = er$ qui ne dépend que de sa résistance propre r.

Le théorème précédent vient de nous fournir le moyen d'atteindre ce résultat sans l'introduction de régulateurs mécaniques et par le seul jeu des actions électriques : remarquons d'ailleurs que l'énergie totale dépensée reste toujours égale à la somme des énergies récupérées, en sorte que cette solution répond d'une façon absolue aux trois conditions posées plus haut.

Elle n'offre aucune difficulté dans la pratique. On commencera par relever à une vitesse connue v, la caractéristique de la machine. Le coefficient d'inclinaison de cette ligne est égal à l'accroissement de force électro-motrice pour une intensité égale à l'unité. En appelant E_0 la force électro-motrice due au courant extérieur constant, il est donc représenté par

$$\frac{E - E_0}{I},$$

soit r la résistance intérieure, si ces deux nombres ne sont pas égaux on cherchera une vitesse V′ telle qu'on ait

$$\frac{V'}{V}\,\frac{E - E_0}{I} = r$$

d'où

$$V' = \frac{V r}{\dfrac{E - E_0}{I}}$$

on déterminera d'ailleurs l'excitation extérieure sui-

vant la différence de potentiel constante dont on voudra disposer sur le circuit.

Cela fait, on placera sur chacun des pôles de la machine un fil conducteur qui possèdera le même potentiel que ce pôle, et à tous les points où l'on voudra utiliser une portion de l'énergie produite, on joindra ces deux conducteurs par une dérivation de résistance convenable.

On peut également n'employer qu'un seul câble et faire le retour par la terre.

Il est évident qu'en opérant ainsi, surtout si les dérivations sont nombreuses, on ne conservera pas sur toute la longueur des conducteurs polaires, la même différence de potentiel, les dérivations successives tendront à la diminuer. Il n'y a là aucune difficulté, on est dans le même cas que toutes les distributions possibles, gaz, eau, etc., qui toutes perdent leur charge initiale à mesure qu'elles se dépensent; il suffit qu'on puisse calculer cette perte et savoir en chaque point de quelle pression on dispose; c'est ce que l'on peut connaître avec beaucoup de précision pour l'électricité; cette variation, s'opérant suivant une loi déterminée, n'introduit donc aucun trouble dans le système.

DISTRIBUTION EN SÉRIE

Ainsi que nous l'avons dit, lorsque les appareils récepteurs sont placés en série, ce n'est plus la différence de potentiel aux bornes du générateur qu'il faut maintenir constante, mais bien l'intensité du courant.

Pour atteindre ce résultat, nous produirons l'excitation des électro-aimants à l'aide d'un courant dérivé du courant principal.

Il faut alors distinguer dans le circuit plusieurs parties.

Soit I_a le courant total qui se développe dans l'anneau induit;

I_b, la portion dérivée du courant qui traverse les inducteurs et produit le champ magnétique;

I_x, la portion qui parcourt le circuit extérieur;

a, la résistance de l'anneau;

b, celle des inducteurs;

x, celle du circuit extérieur.

Enfin, soit E la force électro-motrice totale et e la différence de potentiel aux points où le circuit inducteur dérivé se sépare du circuit extérieur utile.

L'intensité I_x est celle qu'il faudra maintenir constante pour distribuer l'énergie à des appareils en série.

Nous avons d'abord:

$$I_a = I_b + I_x,$$

qui exprime simplement que le courant total est la somme de ses dérivations.

En considérant la différence du potentiel au point de dérivation, on a:

$$I_x = \frac{e}{x}$$

et aussi:

$$I_a = \frac{e}{b}$$

d'où:

$$I_x = \frac{e}{x} + \frac{e}{b}.$$

Mais l'intensité totale I_a a une autre expression; elle est égale à la force électromotrice totale divisée par la résistance totale. Celle-ci s'obtiendra, en ajoutant à la résistance a de la partie commune des circuits, la résistance formée par l'ensemble des deux branches: celle-ci est égale, d'après une règle connue [1], à l'inverse de la somme des inverses des résistances, c'est-à dire à $\frac{1}{\frac{1}{b}+\frac{1}{x}}$; la résistance totale sera donc $a + \frac{1}{\frac{1}{b}+\frac{1}{x}}$, d'où l'on conclut:

$$I_a = \frac{E}{a + \frac{1}{\frac{1}{b}+\frac{1}{x}}};$$

en égalant les deux expressions de I_a, on a:

$$\frac{e}{b} + \frac{e}{x} = \frac{E}{a + \frac{1}{\frac{1}{b}+\frac{1}{x}}}$$

$$e\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{x}\right) = \frac{E\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{x}\right)}{a\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{x}\right)+1}$$

$$e = \frac{E}{a\left(\frac{1}{b}+\frac{1}{x}\right)+1} = \frac{Ebx}{a(x+b)+bx} = \frac{Ebx}{(a+b)x+ab}$$

donc

$$\frac{Eb}{e} = \frac{(a+b)x+ab}{x}$$

ou encore

$$\frac{(a+b)x+ab}{x} = \frac{E}{\frac{e}{b}};$$

$\frac{e}{b}$ n'est autre que I_b, et l'on a enfin:

$$\frac{(a+b)x+ab}{x_1} = \frac{E}{I_b}.$$

Ceci posé, soit OEF (fig. 12) la caractéristique

[1] On démontre facilement que si l'on groupe en dérivation plusieurs fils de résistance $r\ r_1\ r_2$..., etc., la résistance de l'ensemble a pour expression: $\frac{1}{\frac{1}{r}+\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+\ldots}$.

de la machine, traçons la ligne droite CB dont l'équation soit

$$y = (a + b)x + ab.$$

prenons la longueur OA = X, élevons l'ordonnée du point A jusqu'au point B et tirons OB; cette ligne rencontre la caractéristique en un point E dont nous mènerons l'ordonnée EI. Prenons alors OJ = B et menons la droite JK parallèle à l'axe des X, elle rencontre en G l'ordonnée AB; menons OG, cette droite rencontre en H l'ordonnée EI; la longueur IH ainsi déterminée représentera

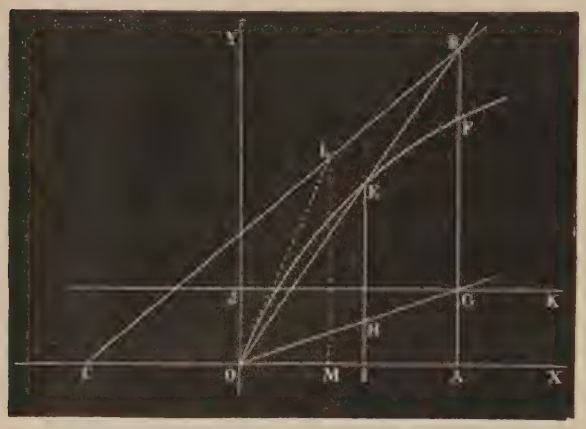


FIG. 12

l'intensité I_x que l'on cherche. En effet les triangles semblables OIE, OAB donnent :

$$\frac{EI}{OI} = \frac{AB}{OA} = \frac{y}{x} = \frac{(a+b)x + ab}{x} = \frac{E}{I_b};$$

D'ailleurs d'après la construction même de la caractéristique, EI est égal à E et OI à I_b; d'autre part, les triangles semblables OIH, OAB donnent :

$$\frac{IH}{OI} = \frac{AG}{OA}$$

ou

$$\frac{IH}{I_b} = \frac{b}{x}.$$

donc

$$IH = I_b \frac{b}{x} = \frac{e}{b} = \frac{b}{x} = \frac{e}{x} = I_x,$$

ce qu'il fallait démontrer.

LIMITE DE DÉSAMORCEMENT

Nous possédons ainsi le moyen de représenter graphiquement la quantité I_x qu'il s'agit de rendre constante.

Une construction simple permettra, à l'aide de la caractéristique, de déterminer dans cette disposition nouvelle le point de désamorcement : il suffira de mener OL tangente à la carcactéristique à l'origine, jusqu'à la rencontre de la ligne

$$y = (a \times b)x + ab,$$

en L, d'abaisser LM; OM sera la résistance cherchée.

INTENSITÉ EXTÉRIEURE CONSTANTE

Comme nous l'avons fait précédemment, assimilons la caractéristique à une droite, et à l'aide d'un courant étranger, créons un champ magnétique initial, en sorte que la caractéristique ne passera plus par l'origine et sera représentée par une ligne droite coupant l'axe des y (fig. 13).

Construisons la ligne $y = (a + b)\ x + ab$ qui est définie par les données de construction de la machine. Par le procédé que nous avons donné ci-dessus, on peut déterminer une vitesse de la machine telle que sa caractéristique soit parallèle à la droite $y = (a + b)\ x + ab$.

Le résultat obtenu est représenté dans la figure 13, CB est la ligne $y = (a + b)\ x + ab$; NF est la caractéristique rendue parallèle; cherchons l'intensité pour une résistance extérieure connue x,

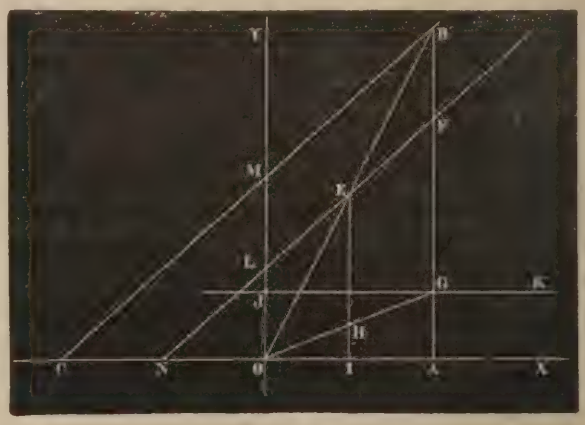


FIG. 54

nous prendrons OJ égal à b, nous menons la ligne JK parallèle à l'axe des x; prenons OA = x, élevons l'ordonnée BA jusqu'à la droite CB, au point B joignons OB, cette droite rencontre la caractéristique en E, abaissons EI, joignons OG, d'après ce que nous venons de démontrer IH = I_x.

On a dans les triangles semblables,

$$\frac{IH}{AG} = \frac{CI}{AF} = \frac{OE}{OB} = \frac{OL}{OM}$$

or, le dernier rapport est constant, donc

$$\frac{I_x}{b} = \alpha$$

$$I_x = \alpha b$$

valeur constante.

Le procédé employé pour déterminer la vitesse que doit avoir la machine pour que la caractérisque ait l'inclinaison voulue, est analogue à celui que nous avons déjà mis en œuvre; dans le cas actuel, il s'applique de la façon suivante :

La droite qui détermine l'inclinaison à obtenir ayant pour équation $y=(a+b)\,x+ab$, son coefficient d'inclinaison est $-(a+b)$. Celui de l'ancienne caractéristique obtenue avec la vitesse V et le courant I étant

$$\frac{E-E_0}{I}$$

ainsi que nous l'avons déjà expliqué, il faudra chercher une vitesse V′ telle que l'on ait :

$$\frac{V'}{V}\frac{E-E_0}{I}=-(a+b);$$

donc :

$$V'=\frac{-(a+b)}{\frac{E-E_0}{I}}.$$

or, remarquons que $-(a+b)$ n'est autre chose que la résistance totale, dans le cas où les inducteurs et l'induit seraient réunis en un seul circuit, comme dans la disposition ordinaire. C'est ce que nous avons nommé R dans les théorèmes précédents. Nous arrivons donc à conclure que, dans les deux cas, qu'il s'agisse de maintenir constante la différence de potentiel ou l'intensité du courant, la vitesse que doit recevoir la machine est la même, la différence réside dans le mode d'accouplement des circuits inducteur et induit; le même appareil pourrait donc fournir les deux résultats par le seul jeu d'un commutateur.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'ensemble des théorèmes qui viennent d'être exposés comprend l'étude complète du transport et de la distribution de l'énergie par l'électricité; ils éclaicissent ces questions discutées, et en donnent des solutions rigoureuses et simples.

De leur application ressort un système complet dont l'expérience a été faite dans des proportions jusqu'ici restreintes, mais suffisantes néanmoins pour confirmer matériellement la vérité des principes, Des expériences complètes et sur une grande échelle seront réalisées prochainement, et achèveront de mettre en lumière la valeur pratique des procédés.

Un certain nombre de questions spéciales devront naturellement être résolues dans le cours de cette réalisation; beaucoup d'entre elles ont déjà été attaquées. Les procédés graphiques qui viennent d'être exposés permettent de les résoudre. On peut, par exemple, à l'aide de la caractéristique, examiner la relation de deux machines employées, l'une comme générateur, l'autre comme récepteur et tous les problèmes de ce genre. Pour le dire en passant, ces procédés ont même un généralité plus grande et l'on peut par leur moyen faire l'étude des appareils générateurs quelconques, tels que les piles et retrouver les lois de leur fonctionnement.

Outre les questions plus particulièrement théoriques, on s'est préoccupé des moyens pratiques et l'on a d'avance prévu l'emploi de certains organes accessoires. Parmi eux on doit probablement compter les accumulateurs; j'ai indiqué depuis longtemps leur utilité probable dans une distribution, je préciserai le rôle qu'ils doivent y jouer et les fonctions spéciales que cet organe est appelé à remplir.

Je ne me dissimule en aucune façon les obstacles qui se présenteront et qui ne peuvent être prévus, mais je sais que les difficultés de ce genre sont certainement vaincues, lorsque l'on s'appuie sur le développement de principes solidement établis. La rigueur géométrique des démonstrations exposées ci-dessus permet d'être certain que les bases sur lesquelles repose le système qui va être appliqué, sont d'une sécurité mathématique; une expérience très prochaine en donnera bientôt la preuve matérielle. (1)

ÉTUDES EXPÉRIMENTALES

SUR LES MACHINES DYNAMOÉLECTRIQUES

Les considérations théoriques qui viennent d'être reproduites et qui ont été exposées d'abord dans le numéro du 3 décembre 1881 de ce journal, particulièrement la représentation graphique des effets des machines génératrices que j'ai nommée caractéristique, ont été le point de départ de recherches expérimentales très étendues. J'ai appliqué ces procédés d'examen à divers types de machines dans des conditions très variées de vitesse et de circuit.

Ces résultats et les conséquences que j'en ai tirées constitueront une étude d'ensemble sur les générateurs dynamiques d'électricité que je me propose de publier un jour.

Toutefois, sans attendre ce travail, je crois utile

(1) Tout l'ensemble du travail que l'on vient de lire a été publié dans *La Lumière Electrique* le 3 décembre 1881. Il a paru utile de le reproduire, la partie théorique n'avait pas de changements importants à recevoir ; quant aux considérations particulières, telles par exemple que les conclusions, bien qu'elles aient été depuis cette époque dépassées par les résultats, il a paru curieux de les laisser subsister, afin de montrer que les espérances conçues il y a deux années n'étaient point téméraires et ont été depuis largement réalisées.

de détacher et de donner quelques-unes des courbes caractéristiques qui ont été relevées.

Les expériences ont porté sur les types suivants :

1° Machines de Gramme
- Petite machine à galvanoplastie
- Type A dit d'atelier
- Type A renforcé
- Grande machine à galvanoplastie
- Type D

2° Machines Siemens D_0, D_1, D_2, D_3 et D_5.

3° Machine Brush petit modèle.

4° Machine genre Pacinotti contenant des dispositions nouvelles auxquelles j'ai été conduit par des considérations théoriques qui ont reçu, ainsi qu'on le verra plus tard, la plus éclatante confirmation puisque je suis arrivé à faire absorber un travail dépassant 20 chevaux à une petite machine dont les parties actives (inducteurs et induits) pèsent seulement 130 kilogrammes.

5° Machine Gramme dont les fils ont été enlevés et remplacés par d'autres d'un diamètre beaucoup plus petit, dans le but d'obtenir une force électromotrice très élevée. Les modèles qui ont subi cette transformation sont : la petite machine à galvanoplastie, le type A et le type D. Je suis arrivé ainsi à faire produire à la machine A une force électromotrice de 2 400 volts, c'est-à-dire plus de 20 fois la tension des machines ordinaires de ce type, sans qu'il en résultât aucun inconvénient, contrairement aux assertions et aux prédictions pessimistes de certains praticiens qui prétendaient que, d'après leur expérience personnelle, des tensions aussi élevées étaient irréalisables, et que si par impossible on réussissait à les obtenir, les fils et les collecteurs seraient rapidement détruits, etc., etc... L'expérience a donné à toutes ces affirmations le démenti le plus formel.

Les courbes caractéristiques ci-jointes ont été obtenues en fermant le circuit de la machine en expérience au moyen de fils de moins en moins résistants, de manière à faire croître graduellement l'intensité du courant engendré. L'intensité de ce courant était mesurée au moyen du galvanomètre Deprez.

En désignant par I cette intensité, par r la résistance de la machine au repos, par R la résistance extérieure et par E la force électromotrice de la machine, on a $E = (R + r) I$. Cette formule fait connaître la force électromotrice utile, déduction faite des effets dus aux extra-courants qui se produisent dans la section de l'anneau au moment où les lames du collecteur qui leur correspondent entrent en communication avec les balais, lesquels extra-courants donnent naissance à une force électromotrice inverse.

En prenant pour abscisses les intensités successives du courant et pour ordonnées le produit $(R + r) I$, on a obtenu une série de points qui, ainsi qu'on peut le voir, se suivent avec une régularité beaucoup plus grande que dans les exemples de courbes du même genre déjà obtenues par M. Frœlich (voir *La Lumière Electrique* du 6 juillet 1881).

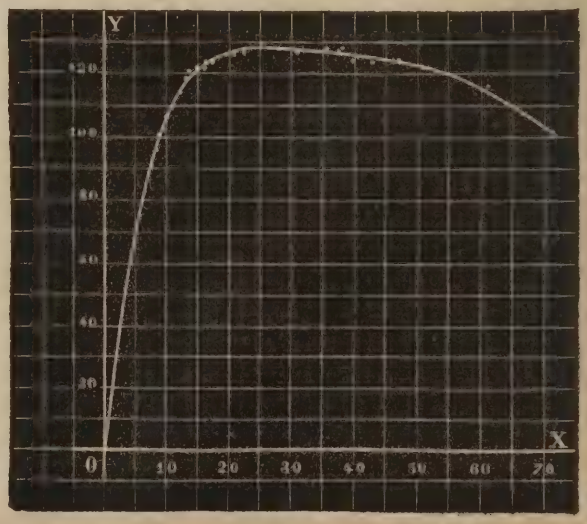
En construisant la courbe qui passe par tous ces points de la manière la plus satisfaisante possible on atténue dans la limite du possible les petites erreurs accidentelles qu'on ne peut jamais éviter complètement, et on peut se servir des courbes ainsi obtenues pour construire des tables beaucoup plus exactes que celles qu'on obtiendrait avec des formules d'interpolation de forme purement arbitraire. C'est par ce procédé qu'ont été établies les tables suivantes qui accompagnent les courbes.

Courbe n° 9. *24 janvier 1882.*

CARACTÉRISTIQUE DE LA MACHINE GRAMME, TYPE A
(ORDINAIRE D'ATELIER)

A LA VITESSE DE 1 440 TOURS

Intensité en ampères.	Forces électromotrices en volts.	Intensité en ampères.	Forces électromotrices en volts.	OBSERVATIONS.
5	72	40	127	Poids de la machine, 210 kil.
10	107	45	125	
15	122	50	123	Résistance induit..... 0,410
20	127	55	120	— inducteurs. 0,610
25	129	60	116	— totale..... 0,020
30	128	65	110	
35	128	70	101	

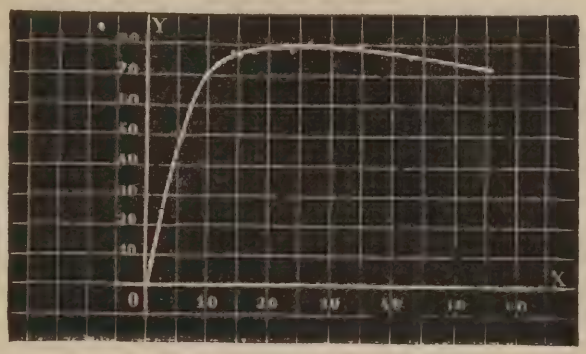


Courbe n° 10. *25 janvier 1882.*

CARACTÉRISTIQUE DE LA MACHINE, TYPE A
(ORDINAIRE D'ATELIER)
A LA VITESSE DE 950 TOURS

Intensité en ampères.	Forces électromotrices en volts	Intensité en ampères.	Forces électromotrices en volts.	OBSERVATIONS.
5	45	35	79	Poids de la machine, 210 kil.
10	70	40	78	
15	77	45	76	Résistance induit..... 0,410
20	79	50	74	— inducteurs. 0,610
25	79	55	72	— totale 1,020
30	79			

DIAGRAMME DE LA COURBE N° 10

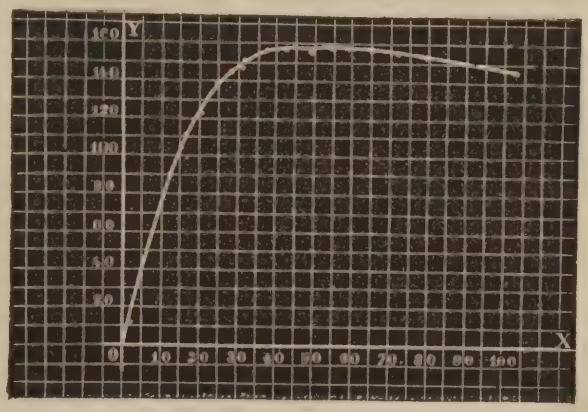


Courbe n° 3. *22 janvier 1882.*

CARACTÉRISTIQUE DE LA MACHINE SIEMENS D0
A LA VITESSE DE 670 TOURS

Intensités en ampères.	Forces électromotrices en volts.	Intensités en ampères.	Forces électromotrices en volts.	OBSERVATIONS
5	37	60	157	Poids de la machine, 711 kil.
10	73,5	65	157	
15	102	70	156	Résistance induit..... 0,157
20	122,5	75	154	— inducteurs. 0,347
25	138	80	152,5	— totale 0,504
30	146,5	85	150,5	
35	152	90	149,5	
40	157	95	148	
45	157	100	147	
50	157	105	144	
55	157			

DIAGRAMME DE LA COURBE N° 3

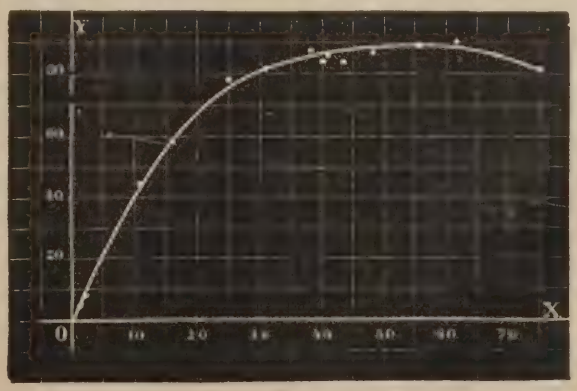


Courbe n° 15. *9 décembre 1881.*

CARACTÉRISTIQUE DE LA MACHINE SIEMENS D1
A LA VITESSE DE 545 TOURS

I	E	I	E	OBSERVATIONS.
5	22	45	88,50	Poids de la machine, 550 kil.
10	40	50	89,25	Fil de l'induit..... 4 m/m
15	55 75	55	89,75	Fil des inducteurs.. 6 m/m 5
20	68	60	89	
25	76,25	65	88	Résistance induit... 0,160
30	81 25	70	85	— inducteurs. 0,310
35	84,50	75	81,50	— totale..... 0,470
40	86,75			

DIAGRAMME DE LA COURBE N° 14

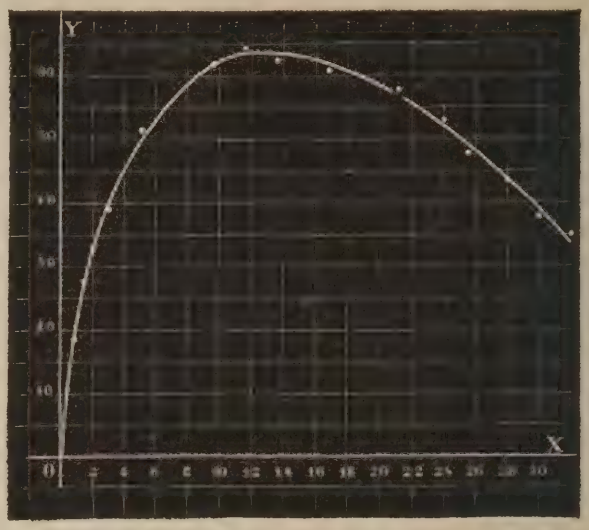


Courbe n° 14. *3 décembre 1881.*

CARACTÉRISTIQUE DE LA MACHINE BRUSH

A LA VITESSE DE 1 150 TOURS

I	E	I	E	OBSERVATIONS.
2	32,67	18	60,75	Résistance intérieure. ohm 1,025
4	45	20	58,50	
6	52,25	22	55,75	
8	58,50	24	52,50	
10	62,25	26	48,25	
12	63,50	28	43,75	
14	63,50	30	39	
16	62,50	32	34	



Je ne donnerai pas les courbes très nombreuses qui ont été relevées dans la longue série des expériences. J'en reproduirai seulement quelques-unes qui me paraissent propres à faire ressortir des particularités importantes.

Les courbes n° 9 et n° 10 avec leurs tableaux sont afférentes à la machine de Gramme, type A, ordinaire d'atelier. On remarquera que conformément aux prévisions qui avaient été avancées dans l'étude théorique qui vient d'être reproduite, les caractéristiques s'élèvent suivant une ligne à peu près droite. Seulement on sera frappé de l'abaissement marqué qui se manifeste dans la force électromotrice lorsque l'intensité devient considérable.

Ce fait pouvait être pressenti mais ne pouvait être affirmé avant les expériences que je rapporte ici. Je reviendrai plus loin sur l'explication qui peut être donnée et les remèdes que l'on peut apporter à ce défaut.

Celui-ci est d'ailleurs général pour les machines actuellement en usage, comme on peut le voir par la caractéristique des machines Siemens D_0 et D_1, n° 3 et n° 15 et surtout par celle de la machine Brush n° 14. Dans celle-ci, l'abaissement est véritablement excessif et marque une défectuosité sérieuse.

Cette particularité tient à la construction même des machines, car le changement de l'enroulement ne la fait pas disparaître, ainsi que l'ont montré des expériences faites sur une machine Gramme, type A, enroulée de fil fin pour être employée à la production des hautes tensions et appliquée au transport électrique de la force.

Pour en mettre au jour la cause, j'instituai une série d'expériences dans lesquelles j'étudiai séparément l'action des deux organes essentiels de la machine, à savoir l'inducteur et l'induit.

Dans la première série, j'ai maintenu constant le champ magnétique d'une machine de Gramme en excitant les inducteurs au moyen d'une source auxiliaire, et j'ai recherché comment variait la force électromotrice de l'anneau tournant toujours à la même vitesse, lorsque je fermais le circuit extérieur avec des résistances de plus en plus faibles.

Entre autres expériences, je relève dans le registre une série de résultats obtenus le 19 novembre 1881.

R	I	E	R	I	E
11,432	2,60	29,72	1,351	22,00	29,72
10,552	2,80	29,55	1,190	24,80	29,51
8,952	3,20	28,65	1,026	29,20	29,96
7,957	3,60	28,65	0,841	34,40	28,93
7,077	4,00	28,31	0,653	43,20	28,21
5,512	5,40	29 76	0,465	59,20	27,53
4,517	6,60	29,81	0,278	88,20	24,69
3,637	8,40	30,55	0,187	122,40	22,89
1,968	15,20	29,91	0,156	134,40	20,97
1,837	15,80	30,86	0,140	141,60	19,82
1,678	17,60	29,53	0,131	144,00	18,86
1,512	19,20	29,03	0,093	168,00	15,62

Comme, d'après la caractéristique de la machine je savais que les inducteur, étaient saturés à partir de 35 ampères, je les ai excités au moyen d'un courant auxiliaire puissant, dont l'intensité était de 80 ampères environ. Je me plaçais ainsi dans les conditions voulues pour obtenir la sursaturation des inducteurs. La première colonne R indique pour chaque mesure la somme des résistances de l'anneau et du circuit extérieur; comme on le voit,

ces résistances ont varié dans de très grandes limites, les expériences ont été poussées à outrance. La deuxième colonne I indique l'intensité du courant, la troisième colonne E donne la force électromotrice développée sur l'anneau calculée d'après la loi de Ohm E=RI après la fin de la période variable.

L'abaissement de la force électromotrice pour les hautes intensités est très sensible.

Voici encore un tableau qui met en relief cet abaissement de la force électromotrice d'une manière beaucoup plus frappante. Les expériences qu'il résume ont été faites sur une machine dynamo-électrique, dont les inducteurs étaient excités par un courant de 10,5 ampères très inférieur à celui qui était nécessaire pour les saturer. On voit que lorsque la résistance totale du circuit tombait de 1,775 ohm à 0,05 ohm, l'intensité du courant s'élevait de 18,5 ampères à 84 ampères, tandis que la force électromotrice s'abaissait de 33 volts à 4,2 volts, c'est-à-dire à peu près dans le rapport de 8 à 1.

R	I	E	R	I	E
1,775	18,55	32,93	0,751	34,2	25,68
1,595	19,60	31,26	0,595	40,8	24,28
1,431	22,05	31,55	0,434	48,6	21,09
1,248	24	29,95	0,288	58,8	16,93
1.066	27	28,78	0,132	76,8	10,14
0,909	30.6	27,82	0,050	84,0	4,20

Dans une deuxième série d'expériences, on laisse au contraire constant le courant qui passe dans l'anneau, et on fait varier le courant qui engendre le champ magnétique.

Ces expériences ont été faites avec la machine, type Marcel Deprez à deux anneaux, l'un des anneaux sert à exciter les inducteurs, on fait varier au moyen de résistances la puissance du champ magnétique.

L'autre anneau envoie son courant dans une machine réceptrice munie d'un frein Carpentier sur lequel on conserve une charge constante, on est sûr par ce procédé de maintenir constant le courant qui parcourt l'anneau.

I	E	I	E	I	E
2	14,1	32	25,25	62	31,40
8	14,5	38	26,20	68	32,70
14	20,25	44	27,80	70	33,10
20	22,60	50	29		
26	24,0	56	30,20		

On voit que dans ces conditions, la force électromotrice s'élève d'une façon continue, ce qui donne la contre-épreuve et confirme les résultats des premières expériences.

Cet ensemble de résultats démontre péremptoirement que l'abaissement constaté dans les caractéristiques, lorsque le courant engendré devient très intense, tient à l'insuffisance des inducteurs. En fait, ceux-ci ne sont jamais trop puissants, et c'est encore là un argument de plus en faveur des grandes machines, car j'ai démontré théoriquement et expérimentalement qu'un champ magnétique d'intensité déterminée coûte d'autant moins cher à produire qu'il est engendré par des électro-aimants de dimensions plus considérables.

Quant à la cause de ce phénomène, je pense qu'on peut l'expliquer ainsi :

Supposons que l'on supprime le passage du

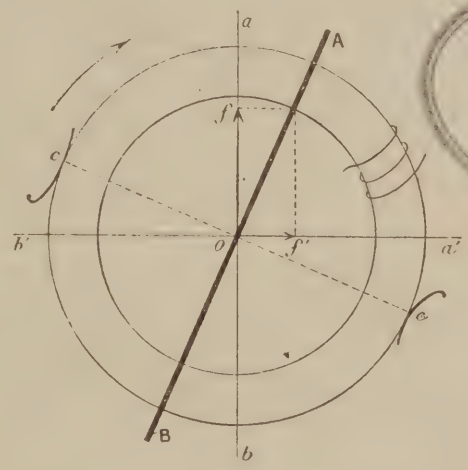


FIG. 14

courant dans les inducteurs et qu'on ne le fasse passer que dans l'anneau; ce dernier va devenir un aimant dont la ligne des pôles *a' b'* (fig. 7) se confond avec le diamètre qui passe par les points de contact des balais et du collecteur. Si on fait l'opération inverse en supprimant le courant qui traverse l'anneau et en le rétablissant dans les inducteurs, la nouvelle ligne *a b* des pôles de l'anneau se confondra avec celle des inducteurs. Il résulte de là que lorsque le courant traverse à la fois l'anneau et les inducteurs, la ligne AB des pôles de l'anneau occupe une position intermédiaire entre les deux positions extrêmes qui viennent d'être définies et que l'on peut même déterminer par une construction identique à celle du parallélogramme des forces; OF représentant l'aimantation due à l'influence des inducteurs, et OF' celle due au passage du courant autour de l'anneau, la diagonale OA représentera l'aimantation vraie de l'anneau. Il est facile de voir comment il faudrait s'y prendre

pour déterminer la ligne de contact des balais, de manière qu'elle fût perpendiculaire à OA, étant connues les grandeurs de OF et OF'. On reconnaît en traitant ce petit problème que l'aimantation résultante de l'anneau est plus petite que l'aimantation due aux inducteurs seuls, et que en outre une partie des pôles des inducteurs se trouve en regard d'une partie de l'anneau ayant la même polarité, ce qui fait dévier considérablement les lignes de force de la normale à l'anneau et affaiblit par suite la force électromotrice.

Le seul moyen d'atténuer dans une certaine limite ce défaut inhérent aux machines dynamo-électriques consiste dans l'emploi : 1° d'inducteurs très puissants; 2° de balais à calage variable.

Ces conclusions ayant été établies, j'ai modifié les machines et, prenant un appareil de Gramme, j'ai remplacé ses inducteurs par des inducteurs beaucoup plus gros et plus puissants.

Ils consistaient en un simple électro-aimant ordinaire à deux branches terminé par des pièces polaires emboîtant l'anneau. Cette forme ressemblait donc beaucoup à la forme primitive adoptée par le professeur Pacinotti. Les pièces polaires pesaient 9 kil. chacune, de sorte que le poids des noyaux et des pièces polaires était de 54 kil. et celui du fil inducteur de 36 kil. Cette transformation avait pour but de faire voir que avec des inducteurs suffisamment puissants on n'avait plus à craindre l'abaissement que la caractéristique éprouve toujours dans les types usuels de machines et qui est mauvais à tous les points de vue comme on le verra quand je parlerai de la mesure des efforts statiques et de leur prix. Le simple examen de la courbe fig, 25 montre que ce but a été complètement atteint.

La courbe n° 26 a été obtenue avec la même machine dont on avait remplacé les pièces polaires en fonte par d'autres de forme identique, mais en fer. L'intensité du courant a atteint le chiffre énorme de 260 ampères, sans que la force électromotrice, grâce au groupement des fils des inducteurs, ait éprouvé la moindre diminution. Le but était donc atteint.

La courbe n° 27 se rapporte à la même machine dans laquelle on a rétabli le groupement des fils des inducteurs, comme dans la courbe n° 25, mais en conservant les armatures en fer et en tournant à 2325 tours par minute au lieu de 2800.

Ayant ainsi montré dans quel sens il fallait modifier les types existants, j'ai dû me préoccuper de savoir ce qui adviendrait lorsque ces types seraient agrandis et lorsqu'on arriverait à la construction d'appareils puissants, et j'ai d'abord abordé la question par le côté théorique.

Il n'est pas toujours facile, connaissant les actions qui se développent sous l'influence d'un agent, dans un système de dimensions déterminées, de connaître à priori les actions qui se développent dans un système de dimensions différentes. En particulier si l'agent en question est la chaleur, le problème est très compliqué.

S'il s'agit au contraire de l'électricité, la solution peut être obtenue d'une façon simple et se formule de la manière suivante :

« *Lorsque l'on augmente toutes les dimensions d'un système conducteur de forme quelconque suivant un rapport déterminé K, sans changer le*

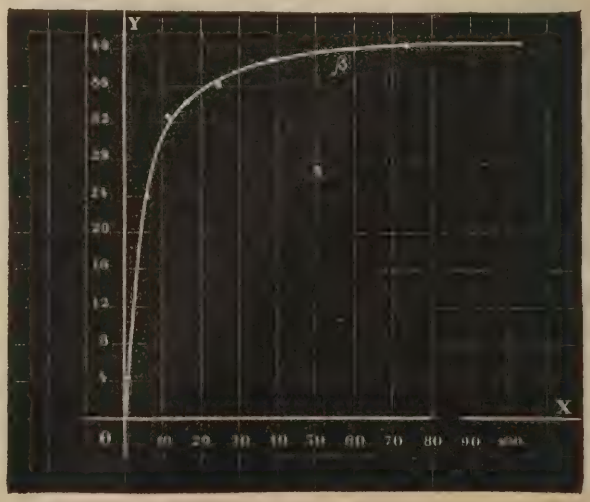
Courbe n° 25. *7 janvier 1882.*

CARACTÉRISTIQUE DE LA MACHINE MARCEL DEPREZ

INDUCTEURS RENFORCÉS (Armatures en fonte)
A LA VITESSE DE 2 800 TOURS

I	E	I	E	OBSERVATIONS.
5	20	55	40,00	Poids de la machine, kil.
10	30	60	40,20	Résistance induit.... 0,040
15	33,6	65	40.40	— inducteurs 0,175
20	35,4	70	40 40	— totale 0,215
25	36,80	75	40.50	
30	37,80	80	40,50	
35	38,50	85	40,60	
40	39,20	90	40,70	
45	39,50	95	40,75	
50	39,70	100	40,80	

DIAGRAMME DE LA COURBE N° 25



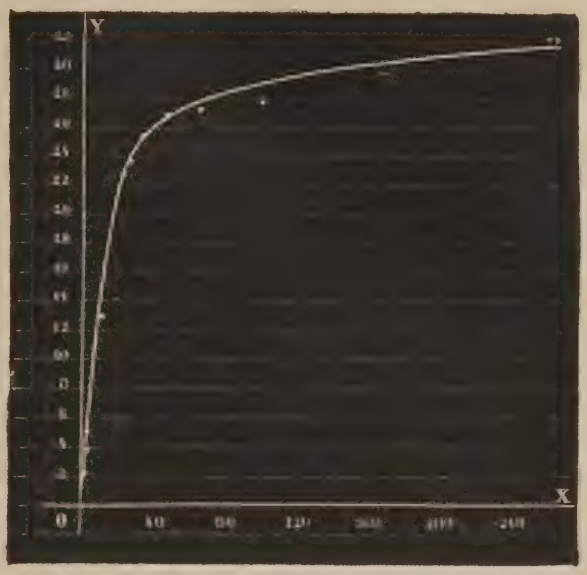
Courbe n° 26. *13 janvier 1882.*

CARACTÉRISTIQUE DE LA MACHINE MARCEL DEPREZ

A INDUCTEURS RENFORCÉS (Armatures en fer)
A LA VITESSE DE 2 320 TOURS

I	E	I	E	OBSERVATIONS
10	13,25	140	29,90	Poids de la machine, kil.
20	21,25	150	20	
30	24,50	160	30,25	Résistance induit..... 0,04
40	26,00	170	30,40	— inducteurs en quantité.. 0,044
50	27,00	180	30,50	— totale..... 0,084
60	27,60	190	30,70	
70	28,00	200	30,75	
80	28,13	210	30,90	
90	28,75	220	31	
100	29	230	31,13	
110	29,25	240	31,25	
120	29,50	250	31,31	
130	29,70	260	31,44	

DIAGRAMME DE LA COURBE N° 26



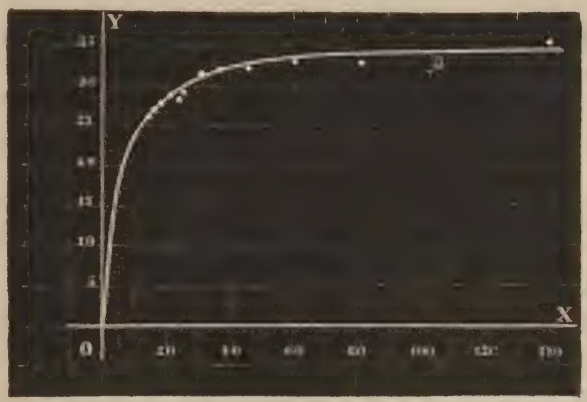
Courbe n° 27 *13 janvier 1882.*

CARACTÉRISTIQUE DE LA MACHINE MARCEL DEPREZ

A INDUCTEURS RENFORCÉS (Armatures en fer)
A LA VITESSE DE 2 325 TOURS

I	E	I	E	OBSERVATIONS
10	23,80	80	34,30	Poids de la machine, kil.
20	28,40	90	34,40	
30	31	100	34,40	Résistance induit..... 0,040
40	32,60	110	34,50	— inducteurs en tension... 0,175
50	33,40	120	34,60	— totale..... 0,215
60	33,80	130	34,60	
70	34	140	34,60	

DIAGRAMME DE LA COURBE N° 27



flux électrique qui parcourt l'unité de section du fil, les résultantes (1) *de tous les efforts statiques élémentaires augmentent comme la quatrième puissance de K.*

Appelons I l'intensité du courant qui parcourt le système conducteur et a la section de son fil. Si nous considérons l'effort élémentaire dF, qui s'exerce entre deux éléments du système conducteur de longueur ds et ds' si r est la distance qui sépare ces deux éléments, et α l'angle qu'ils font entre eux, en appliquant les lois d'Ampère $dF = I^2 \frac{ds\, ds'}{r^2} f(\alpha)$ que nous pourrons encore écrire $dF = \frac{I^2}{a^1} \frac{a ds\, a ds'}{n^2} f(\alpha)$.

Mais ads est le volume dv du premier élément considéré et ads' le volume dv' du second.

Donc $dF = \frac{I^2}{a^2} \frac{dv\, dv'}{r^2} f(\alpha)$.

Si nous augmentons maintenant toutes les dimensions du système conducteur dans le rapport K en conservant le même fil, le volume du premier élément devient $K^3\, dv$, celui du second

(1) La forme du système conducteur étant quelconque, toutes les forces élémentaires peuvent au maximum donner lieu à deux résultantes ne se coupant pas.

$K^3\,dv'$ et la distance qui les sépare $K\,r$. L'angle α ne change pas; le nouvel effort élémentaire $dF' = \frac{I^2}{a^2}\frac{K^3\,dv\,K^3\,dv'}{K^2\,r^2} f(\alpha) = \frac{I^2}{a^2}\frac{dv\,dv'}{r^2} f(\alpha) \times K^4$. Or, si nous supposons que le même flux électrique parcourt l'unité de section du fil, $\frac{I}{a}$ est constant. Le rapport des deux efforts élémentaires

$$\frac{dF'}{dF} = K^4.$$

Les efforts élémentaires dF' et dF étant dans un rapport constant, les résultantes de ces efforts sont aussi dans le même rapport, à une constante près; mais cette constante est nulle, puisque quand I est nul, F et F' doivent être nuls; donc $\frac{F'}{F} = K^4$.

Les résultantes des efforts élémentaires augmentent donc comme la 4e puissance du nombre K.

Dans le cas où le système conducteur est une machine dynamo-électrique, nous savons que le travail par seconde est représenté par $T = F \times V$. F est la résultante de tous les efforts élémentaires, le point d'application de cette résultante étant situé au bout d'un bras de levier dont la circonférence développée a 1 mètre de longueur, V est la vitesse linéaire de ce point d'application.

Si nous supposons que nous augmentions toutes les dimensions de la machine dynamo-électrique dans le rapport K, en conservant à son fil la même section résultante des efforts devient égal à $F \times K^4$, et la vitesse linéaire de son point d'application devient égale à $K \times V$.

Le nouveau travail par seconde $T' = K^4\,F\,V = K^5\,T$.

Le travail par seconde augmente donc comme la 5e puissance du nombre K.

(Dans ce qui précède nous supposons que la machine dynamo-électrique n'a pas de fer doux.)

Corollaire I. — *Quand le volume et la forme d'un système conducteur sont invariables, un effort statique déterminé coûte toujours la même dépense d'énergie pour être produit.*

Nous venons de voir en effet que nous pouvons représenter symboliquement les résultantes des efforts élémentaires sous la forme $F = \frac{I^2}{a_2} K^4$. Si S est la résistance du système conducteur, E la force électromotrice inverse, qui s'y développe par le déplacement de sa partie mobile, l la longueur de son fil, V son volume, et c sa conductibilité,

$$I = \frac{E}{R}, \text{ or } R = \frac{l}{a\,c} = \frac{V}{a^2 c},$$

d'ailleurs, d'après notre notation symbolique :

$$V = K^3, \text{ donc } R = \frac{K^3}{a^2\,c},$$

par suite :

$$I = \frac{E\,a^2\,c}{K^3}\,F = \frac{E^2\,a^4\,c^2}{K^6\,a^2} \times K^4 = \frac{E^2\,a^2\,c^2}{K^2}.$$

D'autre part, la quantité totale d'énergie Q reçue par le système conducteur est égale $\frac{E^2}{R}$

$$Q = \frac{E^2}{R}\,\frac{E^2\,a^2\,c^2}{K^3}.$$

Et le rapport $\frac{E}{Q} = K \times C$.

Si le volume et la forme sont invariables, K est invariable, ce qui prouve bien que, dans ces conditions, pour produire un effort F, il faut toujours dépenser la même quantité d'énergie Q. On voit aussi que le coût de l'effort statique est inversement proportionnel à la conductibilité du fil employé dans l'appareil. Plus elle est grande, moins un même effort coûte d'énergie pour être produit.

Corollaire. — *Lorsque toutes les dimensions d'un système conducteur sont augmentées dans le rapport K, un même effort F est produit avec une dépense d'énergie* K *fois plus faible.*

Ce corollaire résulte immédiatement de la formule précédente $\frac{F}{Q} = K \times C$.

D'après ce qui précède, on voit combien les grandes machines dynamo-électriques sont avantageuses. Non seulement elles sont plus puissantes par unité de masse, mais elles sont encore plus économiques.

C'est, du reste, en partie, pour en arriver à cette conclusion que j'ai établi le théorème des similitudes. Je l'ai vérifié par l'expérience.

Je crois utile de donner quelques détails sur ces expériences.

J'ai adopté pour le système conducteur une forme d'électrodynamomètre déjà indiquée en principe par M. Mascart.

La bobine centrale B est mobile à l'extrémité du fléau d'une balance. Un plateau, placé à l'autre extrémité, permet d'abord d'équilibrer cette bobine au moyen de poids, puis de mesurer l'effort statique qui s'y développe lorsqu'un courant parcourt tout le système.

Les fils d'entrée et de sortie de cette bobine plongent dans des godets de mercure, qui permettent d'établir les communications électriques sans altérer la mobilité de l'appareil.

Les bobines A et C sont fixes.

Les trois bobines sont placées en circuit direct, et le sens du courant qui les traverse est tel dans chacune d'elles, que la bobine B est repoussée par la bobine A et attirée par la bobine C.

Pour vérifier le théorème des similitudes, il faut nécessairement avoir un second électrodynamomètre semblable au premier. Je l'ai choisi de di-

mensions doubles, de telle sorte que quand il se développe sur le premier un effort de 1k, il doit se développer un effort de 16k sur le second.

Les deux appareils, placés en circuit direct dans le courant d'une machine dynamo-électrique continue, ont donné les résultats suivants, pour un courant de 11 ampères :

Effort statique sur le petit appareil, 0k,355
— — grand — 5k,600

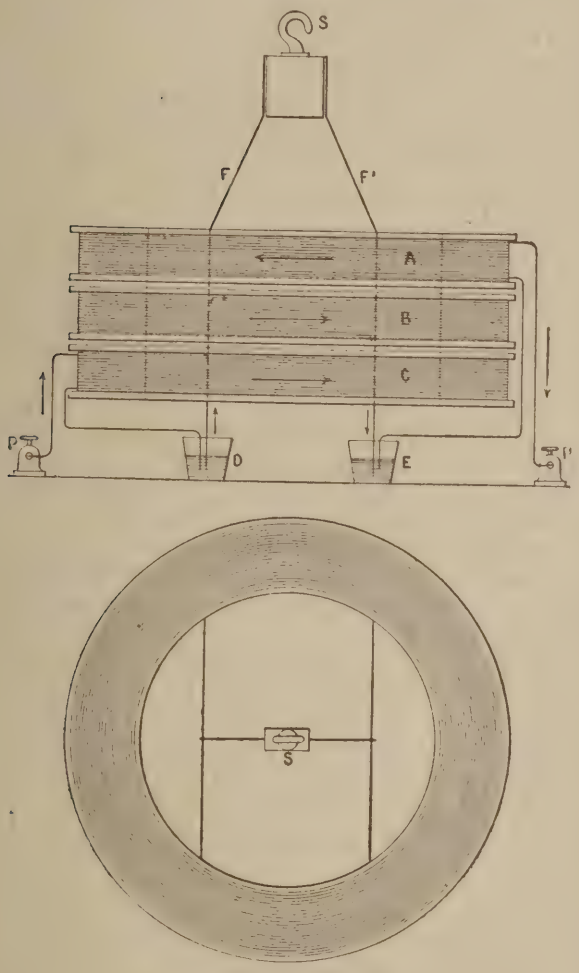


FIG. 15

En multipliant par 16 le premier effort statique, on trouve $5^k,680$ qui ne diffère pas de $\frac{1}{90}$ me de celui qui a été mesuré directement sur le second.

Le théorème des similitudes ne s'applique plus évidemment lorsque l'on fait usage de courants alternatifs.

J'ai, dans ce cas, recherché expérimentalement comment varie l'effort avec les dimensions de l'appareil.

J'ai trouvé que l'exposant de K est égal à 3,66

$$F' = K^{3,66}_{\times} F.$$

Le théorème ne s'applique pas non plus quand les bobines ont une âme de fer doux.

Dans ce cas, j'ai encore trouvé par l'expérience la valeur 3,76 pour l'exposant de K.

$$F' = K^{3,76}_{\times} F.$$

Mais cet exposant varie beaucoup dès que l'on se rapproche du point de saturation du fer doux dans le petit appareil.

On doit tirer de cette étude une conclusion capitale, celle que l'avenir est aux très grandes machines dynamo-électriques. Par unité de poids, elles sont non seulement plus puissantes, mais encore plus économiques que les petites.

Nous sommes donc arrivés actuellement à savoir dans quel sens on doit modifier les types actuels, et quel avantage on peut trouver à les agrandir c'est-à-dire à construire des machines plus puissantes.

Il restait à résoudre un assez grand nombre d'autres questions : d'abord, à trouver un moyen simple d'apprécier les machines, d'en représenter les actions de manière à posséder un mode de comparaison simple, de forme pour ainsi dire industrielle.

Les formules qui font connaître le travail absolu et le rendement d'un moteur électrique en fonction de l'intensité du courant qui le traverse et de la force électromotrice inverse qu'il développe, ont l'inconvénient de ne pas mettre en relief d'une manière suffisamment explicite le rôle des différents éléments qui influent sur la marche du moteur.

Elles contiennent, en outre, des symboles (force électromotrice, intensité d'un courant, résistance) dont la signification exacte est encore obscure pour beaucoup de personnes plus versées dans l'étude de la mécanique que dans celle de l'électricité.

Il en résulte qu'elles ne sont acceptées qu'avec une certaine défiance par un public spécial qui aurait cependant le plus grand intérêt à les comprendre en raison de l'importance, chaque jour croissante, que prend le transport du travail par l'électricité.

Ces considérations m'ont amené à chercher s'il était possible d'éliminer des formules relatives aux moteurs électriques les quantités électriques qui y figurent habituellement et de les remplacer par des expressions purement mécaniques. J'y suis arrivé en me servant d'un élément nouveau que j'ai introduit, il y a environ deux ans, dans l'étude des moteurs électriques et auquel j'ai donné le nom de *Prix de l'effort statique.*

Je vais expliquer l'origine et la signification de ce terme.

Lorsqu'on lance un courant dans un moteur élec-

trique [1], les pièces fixes (inducteurs) et les pièces mobiles (anneau) deviennent le siège d'actions réciproques qui, par suite de la disposition de l'appareil se réduisent à un couple qu'on peut mesurer en attachant un poids convenable à un frein dynamométrique agissant sur l'anneau. Ce couple varie avec l'intensité du courant, mais l'expérience apprend qu'il est constant, lorsque le courant est lui-même constant, quelle que soit la vitesse angulaire de l'anneau. Je définis ce couple par le poids qu'il faut appliquer à l'extrémité d'un bras de levier égal à 0 m. 159 (correspondant à une circonférence de un mètre de développement) pour l'équilibrer.

Si l'on maintient l'anneau à l'état de repos, en lui appliquant un couple égal et contraire à celui que développe le courant, le travail utile est nul et cependant il y a dépense d'énergie, sous forme de chaleur produite par le passage du courant.

Ce fait constitue une différence essentielle entre le moteur électrique et les moteurs à vapeur dans lesquels le simple développement d'une pression non accompagné de mouvement du piston n'exige qu'une dépense d'énergie insignifiante et sans rapport défini avec l'intensité de cette pression.

Dans le moteur électrique, au contraire, j'ai démontré qu'il fallait, pour créer un couple d'intensité donnée, dépenser une certaine quantité d'énergie qui se traduit sous forme de chaleur et qui, exprimée en kilogrammètres par seconde, est complètement indépendante de l'état de repos ou de mouvement de l'anneau, ainsi que du diamètre du fil enroulé sur les inducteurs et sur l'anneau et par suite de sa résistance, pourvu que la forme extérieure et le poids de ce fil (abstraction faite de la substance isolante qui le recouvre) restent invariables. Elle a d'ailleurs pour expression en kilogrammètres par seconde $\frac{r I^2}{g}$, r étant la résistance du moteur exprimée en ohms, I l'intensité du courant exprimée en *ampères* et g l'accélération due à la pesanteur.

La quantité d'énergie développée dans la totalité du circuit est égale à $R I^2$, R désignant la résistance totale du circuit comprenant la machine génératrice, la machine réceptrice et le fil extérieur.

Mais, sous les conditions exposées plus haut, lorsque le couple développé par le passage du courant a une valeur déterminée, la quantité d'énergie $\frac{r I^2}{g}$ engendrée par seconde sous forme de chaleur par ce même courant est parfaitement déterminée, le diamètre du fil enroulé sur les inducteurs et sur l'anneau étant quelconque. On a donc $\frac{r I^2}{g} = \varphi(F)$, F étant (en kilogrammes) l'effort qu'il faut appliquer à l'extrémité du bras de levier de 0^m159 pour équilibrer le couple produit par le courant. Cette fonction $\varphi(F)$ varie avec les dispositions et la grandeur absolue des moteurs, elle ne peut être généralement déterminée que par l'expérience, mais (je le répète parce que ce fait a une grande importance), une fois déterminée pour un type donné de moteur, elle est indépendante du diamètre des fils que l'on peut enrouler sur ce moteur, pourvu que la forme et le poids de ces fils restent invariables.

De l'expression $\frac{r I^2}{g} = \varphi(F)$, on tire $\frac{I^2}{g} = \frac{\varphi(F)}{r}$, ce qui donne pour la quantité de chaleur $\frac{R I^2}{g}$ développée dans la totalité du circuit $\frac{R}{r}\varphi(F)$.

Si, à cette quantité de chaleur on ajoute le travail développé dans l'unité de temps par le moteur récepteur, on obtiendra l'énergie totale développée par seconde dans l'ensemble du circuit, c'est-à-dire le travail dépensé par la machine génératrice ou par la source d'électricité.

Cela posé, désignons par F_1 et F les couples développés respectivement dans la machine génératrice et dans la machine réceptrice par le passage du courant et par V_1 et V les vitesses angulaires de ces machines; le travail absorbé par la génératrice dans l'unité de temps sera égal à $F_1 V_1$ tandis que l'énergie développée dans l'ensemble du circuit sera égale à $\frac{R}{r}\varphi(F) + F V$. Nous aurons donc l'équation

$$F_1 V_1 = F V + \frac{R}{r}\varphi(F). \tag{1}$$

Le travail mécanique récupéré étant égal à F V, le rendement économique K a pour expression

$$K = \frac{F V}{F_1 V_1} = \frac{F V}{F V + \frac{R}{r}\varphi(F)} = \frac{V}{V + \frac{R}{r}\cdot\frac{\varphi(F)}{F}} \tag{2}$$

de l'équation [1] on tire $F_1 V_1 - F V = \frac{R}{r}\varphi(F)$.

Cette égalité signifie que : si l'on donne le couple développé par la réceptrice (en langage pratique la charge du frein), la différence des travaux développés par seconde par la génératrice et par la réceptrice (c'est-à-dire le travail perdu) est constante, pourvu que le rapport de la résistance totale du circuit à la résistance de la réceptrice reste constant [1]. *On voit que ce travail perdu ne dé-*

[1] Dans tout ce qui va suivre, je suppose qu'il s'agit d'un moteur électrique parfait, appartenant à la famille des moteurs dont le professeur Pacinotti a créé le premier type.

[1] Si les deux machines étaient identiques, on aurait $F_1 = F$ et par suite $V_1 - V = \frac{R\varphi(F)}{r F}$ d'où l'on conclut que dans ce cas la différence de vitesse des machines est constante quand la charge du frein et le rapport $\frac{R}{r}$ restent invariables.

pend pas des valeurs absolues de K et de r, mais seulement de leur rapport, il en est de même du rendement économique K; c'est là un résultat très important et qui est pour la première fois mis sous une forme aussi explicite. Quant au rendement économique, on voit qu'il ne dépend que de trois quantités qui sont :

1° V, la vitesse de la réceptrice. Le rendement tend vers l'unité lorsque V augmente indéfiniment.

2° $\frac{R}{r}$, le rapport de la résistance totale du circuit à la résistance de la réceptrice. La valeur de ce rapport est toujours supénieure à 2, si les deux machines sont identiques.

3° $\frac{\varphi(F)}{F}$, c'est-à-dire le quotient du travail calorifique développé dans la réceptrice par le couple mécanique résultant du passage du courant. C'est à ce quotient que j'ai donné le nom de *prix de l'effort statique.* Ce quotient a une très grande importance, car le rendement économique à vitesse égale est d'autant plus voisin de l'unité que $\frac{\varphi(F)}{F}$ est plus rapproché de zéro.

Or, tandis que l'on peut donner à V et $\frac{R}{r}$ des valeurs arbitraires indépendantes de la forme et de l'arrangement du moteur, la valeur de $\frac{\varphi(F)}{F}$ est au contraire absolument indépendante du diamètre des fils enroulés sur les inducteurs et sur l'induit. Mais elle varie avec les dimensions relatives des inducteurs et de l'anneau et avec le mode d'enroulement des fils, en un mot avec l'arrangement des masses de fer et de cuivre qui constituent le moteur. Étant donné un poids déterminé de matière (cuivre et fer), il existe donc un mode d'arrangement pour lequel $\frac{\varphi(F)}{F}$ est un minimum (la valeur de F étant donnée). L'expérience seule permet de trouver approximativement quel doit être cet arrangement.

Si l'on réunissait n moteurs identiques agissant sur le même arbre et traversés par le même courant, le couple deviendrait n F et la dépense d'énergie nécessaire pour produire ce couple $\frac{n\,r\,I^2}{g}$; le quotient de $\frac{n\,r\,I^2}{g}$ par n F, c'est-à-dire $\frac{\varphi(F)}{F}$, aurait donc la même valeur pour cette collection de moteurs et pour un moteur unique. Si au contraire on prend un moteur unique géométriquement semblable à l'un de ces moteurs, pesant n fois autant que lui et par conséquent plus grand dans le rapport de $\sqrt[3]{n}$ à l'unité, le quotient $\frac{\varphi(F)}{F}$ décroîtrait dans un rapport plus grand que celui des dimensions homologues, ainsi que je l'ai démontré plus haut.

Un moteur unique est donc supérieur à un ensemble de moteurs semblables pesant collectivement autant que lui.

Ces notions théoriques établies, il était intéressant de les appliquer à l'étude expérimentale des machines. Je donne ici quelques exemples des recherches qui ont été faites dans ce sens.

Le principe posé, il y a deux manières de mesurer le couple qui tend à faire tourner l'anneau sous l'action d'un courant donné : 1° par des déductions théoriques ; 2° par des procédés expérimentaux.

Je commencerai par indiquer comment de la caractéristique on peut déduire la valeur du couple correspondant à chaque intensité.

Soit F l'effort (exprimé en kilogrammes) qu'il faut appliquer à une distance de l'axe égale à $\frac{1^m}{2\pi} = 0^m159$ pour vaincre l'effort résistant développé par le courant lorsque la machine sert de génératrice ;

V la vitesse en mètres par seconde de ce point situé à 0^m159 de l'axe ;

E la force électromotrice développée (volts) et I l'intensité du courant (ampères).

La quantité d'énergie totale développée par seconde a pour mesure en kilogrammètres $\frac{EI}{g}$. Elle est, dans une machine parfaite, rigoureusement égale au travail extérieur appliqué à l'anneau, soit F V. On a donc

$$\frac{EI}{g} = FV \text{ d'où } F = \frac{EI}{gV}$$

Mais si l'on possède la caractéristique de la machine pour une vitesse égale à 1 mètre par seconde [et on peut toujours la construire quand on a la caractéristique correspondante à une vitesse quelconque en raison de la proportionnalité des forces électromotrices aux vitesses à intensité égale] et si l'on désigne par e la force électromotrice correspondante à l'intensité I pour cette vitesse de 1 mètre, on a

$$E = eV \text{ d'où } F = \frac{eI}{g}$$

Cette équation donnerait immédiatement F en fonction de I si on connaissait l'équation de la caractéristique. Cette équation n'est pas connue, mais nous avons vu que la première portion de la caractéristique peut, en général, être considérée comme une droite inclinée passant par l'origine et dont l'équation serait par conséquent de la forme $e = m\,I$, m étant le coefficient d'inclinaison de cette droite. On en tire

$$F = \frac{mI^2}{g}$$

Cette équation montre que pour les faibles intensités ou, pour être plus rigoureux, pour les faibles

densités de courant (nous verrons plus tard pourquoi) le couple est proportionnel au carré de l'intensité du courant. Cela serait rigoureusement vrai dans une machine exclusivement composée de circuits dans lesquels n'entrerait pas de métal magnétique (comme les électrodynamomètres), quelle que fût l'intensité du courant.

Dans la portion de la caractéristique qui est parallèle à l'axe des x, e est constant et le couple devient par suite simplement proportionnel à l'intensité du courant.

Si donc on construit la *courbe des efforts statiques* en prenant pour abcisses les intensités du courant et pour ordonnées les couples correspondants, on voit que dans le voisinage de l'origine cette courbe se rapprochera beaucoup d'une para-

Courbe n° 29

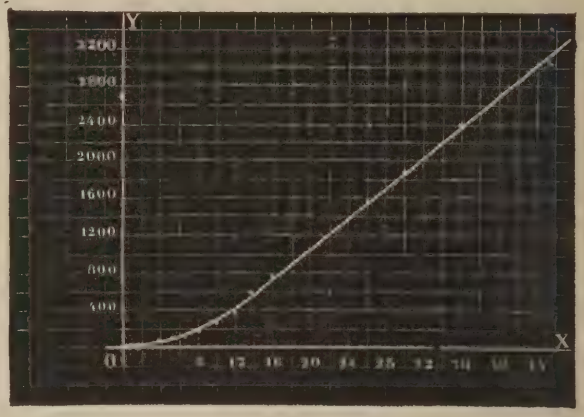
CARACTÉRISTIQUE DE LA MACHINE GRAMME, TYPE A

A GALVANOPLASTIE

Courbe des efforts statiques

I	F	I	F	OBSERVATIONS
	gr.		gr.	
1	20	24	1,410	Les balais sont dans le plan médian.
4	55	26	1,575	
6	115	28	1,725	
8	185	30	1,875	
10	290	32	2,025	
12	400	34	2,210	
14	575	36	2,375	
16	730	38	2,530	
18	890	40	2,680	
20	1,060	42	2,851	
22	1,220	44	3,025	

DIAGRAMME DE LA COURBE N° 29



Courbe n° 30

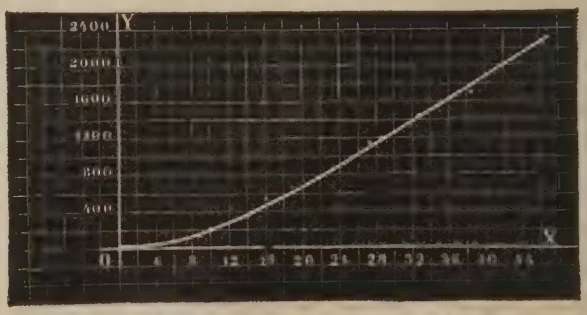
CARACTÉRISTIQUE DE LA MACHINE GRAMME, TYPE A

A GALVANOPLASTIE

Courbe des efforts statiques

I	F	I	F	OBSERVATIONS
	gr.		gr.	
2	10	26	1,000	Les balais se trouvent à 45° du plan médian en avant de la rotation.
4	40	28	1,120	
6	75	30	1,240	
8	130	32	1,360	
10	190	34	1,470	
12	270	36	1,600	
14	350	38	1,730	
16	440	40	1,860	
18	570	42	1,970	
20	665	44	2,100	
22	770	46	2,220	
24	880			

DIAGRAMME DE LA COURBE N° 30

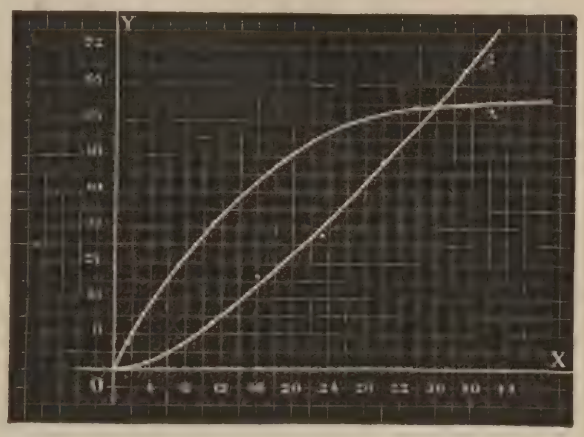


Courbe n° 32

CARACTÉRISTIQUE DE LA MACHINE GRAMME, TYPE A (RENFORCÉE)
A LA VITESSE DE 1 110 TOURS

I	E	$\frac{EI}{g} \times \frac{60}{n}$	F kilogr.	Différences relatives	OBSERVATIONS
		gr	gr.		
2	8	86,4	0,120	28 °/o	Résistance totale : R = 0.340
4	14,75	312,5	0.400	21,8	
6	20	650	0,800	18,7	
8	26	1,120	1,300	13,85	
10	30,5	1,650	2,000	17,50	Les inducteurs sont montés sur couteaux et peuvent tourner autour d'un axe, dans le prolongement de celui de l'anneau. — L'anneau est monté sur deux paliers indépendants. — Sur les inducteurs on mesure l'effort statique développé (courbe β). On trace la caractéristique pour la vitesse qu'on imprime à l'anneau (courbe α).
12	35	2,270	2,700	15.90	
14	38,75	2,830	3,400	16,75	
16	42,50	3,175	4,200	24,40	
18	42,76	4,450	5,000	11	
20	45,75	5,200	5,800	10,35	
22	51	6,050	6,800	11	
24	53,25	6,900	7,600	9,20	
26	55	7,700	8,300	7,23	
28	56,25	8,500	9,200	7,60	
30	57,25	9,300	10.000	7	
32	58,25	10,200	10,800	5,55	
34	59	10,800	11,800	8.50	
36	59,25	11,600	12,600	8,70	
38	59,50	12,200	13,300	8,25	
40	59,75	12,900	14,200	9,15	
42	60	13,600	15,100	9,95	
44	60,25	14,300			
46	60,50	15,000			

DIAGRAMME DE LA COURBE N° 32



bole, tandis que pour les grandes intensités du courant elle se réduira à une droite.

Voyons maintenant comment on peut construire la courbe des efforts statiques expérimentalement. Il faut pour cela avoir un procédé permettant de mesurer avec précision le couple développé sur l'anneau par les actions électriques seules, c'est-à-dire en éliminant les frottements des paliers, des balais, la résistance de l'air et les trépidations. Les dynamomètres de transmission ne peuvent être employés parce qu'ils ne permettent de mesurer que l'effort total et que, en outre, ils ne présentent pas une précision suffisante.

J'ai résolu cette question en appliquant un procédé de mesure nouveau que j'ai imaginé il y a plusieurs années. Les paliers et les balais d'une machine Gramme, type A renforcé, sont séparés des inducteurs et fixés sur un bâti, tandis que l'ensemble des inducteurs est monté sur des couteaux dont l'arête est située dans le prolongement de l'axe de rotation de l'anneau.

Aux inducteurs est attaché un levier de 0,318 de longueur portant un plateau destiné à recevoir des poids. Une longue aiguille se mouvant devant un repère permet de ramener constamment cette espèce de balance à la même position d'équilibre en ajoutant ou en retranchant des poids dans le plateau. La fig. 32 montre les résultats obtenus.

La courbe (α) est la caractéristique et la courbe (β) la courbe des efforts statiques obtenue par pesée directe pendant que l'anneau tournait à la vitesse de 1,110 tours par minute.

La fig. 29 montre la courbe des efforts statiques mesurée de la même manière lorsque la machine est au repos et qu'on y lance un courant emprunté à une source extérieure. On remarquera que dans ce dernier cas les efforts se rapprochent beaucoup des efforts calculés par la formule $\frac{EI}{gV}$ ou ce qui revient au même $\frac{EI}{g} \times \frac{60}{n}$ n étant le nombre de tours par seconde effectué par l'anneau quand on relève la caractéristique. A l'inspection de la fig. 32 on reconnaît que l'effort F mesuré est toujours supérieur à l'effort théorique $\frac{EI}{g} \times \frac{60}{n}$ de 7 à 10 o/o, tandis que la différence entre les deux efforts est presque nulle lorsque l'anneau est en repos. Cela doit être, car lorsque l'anneau tourne, il est le siège de phénomènes électriques parasites, tenant à ce que le courant engendré n'est pas parfaitement continu en raison même de la construction de l'anneau. Cette concordance entre les résultats du calcul et ceux de l'expérience est la plus belle vérification de l'ensemble des théorèmes fondamentaux relatifs au transport de la force, car il suffirait qu'un seul d'entre eux fût inexact pour que cette vérification ne pût avoir lieu.

Voici encore une autre vérification. On a pris une

petite machine à galvanoplastie, on en a enlevé les paliers en laissant l'anneau à la place qu'il occupe habituellement dans le champ magnétique, et en le munissant de couteaux qui lui laissent une liberté absolue de mouvement. Un bras de levier parfaitement équilibré, de 0^m159 de longueur, porte un plateau dans lequel on met des poids pour faire équilibre à l'action du courant et une longue aiguille permet de ramener le système toujours à la même position quand on fait la pesée. Le courant est amené à l'anneau au moyen de fils soudés aux lames du collecteur et trempant dans des godets contenant du mercure. On a étudié trois cas : 1° lorsque la ligne d'entrée et de sortie du courant dans l'anneau fait avec l'axe du champ magnétique un angle de 90°; 2° lorsqu'elle fait un angle de 45° compté dans le sens du couple qui sollicite l'anneau avec l'axe du champ; 3° enfin lorsqu'elle fait avec l'axe du champ magnétique un angle de — 45° compté toujours dans le sens du couple. C'est ce dernier cas qui correspond à celui où la machine sert de génératrice puisqu'alors le couple est résistant et que les balais, comme l'on sait, sont calés à 45° en arrière du calage symétrique. On voit, à l'inspection du tableau (n° 30), que dans ces conditions, l'accord entre le calcul et l'expérience est aussi parfait que possible. La même vérification ne peut pas être faite pour les deux autres cas, parce que les calages correspondants des balais auraient pour conséquence des étincelles considérables qui détérioreraient rapidement les balais et le collecteur. On peut cependant constater que lorsqu'on décale les balais pour se rapprocher du calage symétrique, la force électromotrice diminue. Donc en vertu de la relation $\frac{EI}{g} \times \frac{60}{n} = F$, le couple doit diminuer aussi.

Or, c'est en effet ce qui a lieu. J'ai donné plus haut l'explication de l'influence du calage des balais sur la force électromotrice.

J'attache une grande importance à la vérification expérimentale de la formule qui fait connaître l'effort statique, car c'est elle qui permet d'étudier un projet de moteur électrique comme on étudie un projet de machine à vapeur.

Je bornerai ici les détails sur les études expérimentales que j'ai faites sur les machines dynamo-électriques. L'exposé complet de ces travaux comporterait presque un volume.

Pour être complet, il devrait comprendre les études faites sur la construction et la régulation des machines, la description des divers types que j'ai été amené à créer et des divers organes que j'ai dû combiner pour répondre aux conditions imposées pour la pratique. De ces diverses descriptions les unes seraient trop étendues, les autres seraient mal placées dans ce journal.

Je dois me restreindre aux indications rapides que je viens de donner, elles me paraissent propres à donner une idée de la direction imprimée à ces travaux, et suffisantes pour en faire ressortir les points principaux.

Toutefois, avant de quitter complètement ce sujet, il me paraît utile de donner quelques détails sur un appareil moteur d'une nature particulière que

FIG. 25

j'ai construit, et dans lequel les actions électriques sont portées à un haut degré de puissance.

Il a pour organe fondamental un solénoïde sectionné que j'ai appliqué également à un moteur électrique, présenté par moi en juillet 1880 à la Société de physique.

Supposons que l'on place les unes sur les autres cent bobines plates de un centimètre d'épaisseur de manière à constituer un solénoïde unique de un mètre de hauteur, et que les fils d'entrée et

de sortie de chacune d'elles soient reliés aux fils des bobines voisines exactement de la même manière qu'ils le sont dans les sections consécutives d'un anneau de machine dynamo-électrique. Complétons enfin la ressemblance en faisant aboutir chaque jonction du fil d'une des bobines au fil de sa voisine à une lame métallique incrustée dans une règle isolante contenant autant de lames qu'il a de bobines plus une. Sur cette espèce de collecteur, qui peut être rectiligne ou enroulé sur un cylindre, faisons promener deux balais fixés à une pièce isolante que l'on fait mouvoir avec la main; si nous plaçons les deux balais à une distance telle que le nombre des lames du collecteur, comprises entre eux, soit, par exemple, égal à 10 et que nous leur imprimions ensuite, après les avoir rendus solidaires, un déplacement quelconque, le courant entrant par l'un de ces balais et sortant par l'autre traversera toujours 10 bobines. Tout se passera donc comme si, au lieu de faire mouvoir les balais, nous faisions mouvoir le solénoïde constitué par la réunion de 10 bobines.

Cela posé, les balais étant dans une position quelconque, lançons un courant dans l'appareil et plaçons-y un cylindre de fer doux. En vertu d'une expérience bien connue, ce cylindre restera suspendu dans l'intérieur du solénoïde constitué par les 10 bobines et son centre de figure se placera à une distance d'autant plus grande de celui du solénoïde que le courant sera moins intense. Il tomberait même complètement si le courant n'avait une intensité supérieure à une valeur minima qui dépend de beaucoup d'éléments dont nous n'avons pas à nous occuper maintenant. Nous supposerons le courant assez intense pour que la distance des deux centres de figure soit de beaucoup inférieure à celle qui amènerait la chute du cylindre. Quand cette condition est remplie, on constate que, le cylindre de fer étant en équilibre, si l'on vient à l'en écarter, il faut lui appliquer un effort croissant avec l'écart, exactement comme s'il était suspendu à un ressort.

Il résulte de ce fait que si l'on déplace les balais d'une quantité égale à l'épaisseur d'une lame du collecteur, le solénoïde actif subissant le même déplacement, son centre de figure s'éloignera de celui du cylindre de fer, et l'attraction exercée sur ce dernier augmentera. Elle ne pourra revenir à sa valeur primitive et l'équilibre ne pourra être rétabli que si le cylindre éprouve un déplacement identique à celui du solénoïde. Or, comme ce dernier dépend du mouvement imprimé à l'ensemble des balais, on voit que, en définitive, le cylindre reproduira fidèlement le mouvement imprimé aux balais par la main de l'opérateur.

Cet appareil constitue donc un véritable servomoteur électrique, dans lequel le courant n'est jamais ni interrompu ni modifié en grandeur ou en direction, non plus d'ailleurs que l'aimantation développée dans le cylindre de fer doux.

Tout se passe comme si le cylindre de fer était suspendu dans un solénoïde de 10 centimètres de longueur, que l'on ferait monter ou descendre, avec cette différence que le poids du cylindre n'exerce aucune action sur la main de l'opérateur.

Ces explications comprises, il me reste peu de choses à dire pour faire comprendre complètement le jeu du marteau.

Les sections élémentaires constituant le cylindre électrique AB du marteau sont au nombre de 80, formant une longueur totale de 1 mètre. Leurs fils d'entrée et de sortie aboutissent à un collecteur de forme circulaire que l'on voit en FG. Les balais sont remplacés par deux lames CE, CD, fixées à la double manivelle HCI mobile autour du centre fixe C; elles peuvent faire entre elles un angle quelconque de façon que l'on puisse donner par tâtonnement au solénoïde actif la longueur la plus convenable. Quand cet angle a été déterminé, on rend invariable, au moyen d'une vis de pression, l'angle ECD, et l'on manœuvre l'appareil en imprimant à la double manivelle HCI un mouvement circulaire alternatif.

Le cylindre en fer pèse 23 kilogrammes, mais lorsque le courant a une intensité de 43 ampères et qu'il traverse 15 sections, l'effort développé peut atteindre 70 kilogrammes, c'est-à-dire trois fois le poids du marteau. Aussi ce dernier obéit-il avec une docilité absolue aux mouvements de la main de l'opérateur. En poussant le courant à des intensités très grandes, j'ai pu amener l'effort à la valeur de 180 kilog. Je ferai remarquer que de pareilles puissances n'ont jamais été atteintes. On a dit que dans des expériences anciennes Page avait réalisé des actions de cent kilos; il est aisé de voir que cela ne se peut; on sait que Page opérait avec 100 éléments de Grove; la quantité de travail qu'un de ces éléments peut fournir disponible ne dépasse pas 1,3 kilogrammètre. Page disposait donc de 130 kilogrammètres, cette énergie est absolument insuffisante pour obtenir les efforts qu'on dit avoir été réalisés.

Il m'a paru utile d'appeler l'attention sur cet appareil, parce que des études directes m'ont fait voir que l'effort statique peut être obtenu moyennant une dépense moindre d'énergie avec cette disposition qu'avec les machines dynamo-électriques. Des difficultés mécaniques graves rendent très difficile la constitution de machines pratiques reposant sur ces principes; toutefois leur valeur est telle qu'il convient de ne pas les perdre de vue.

MARCEL DEPREZ.

LE TRANSPORT ÉLECTRIQUE DE LA FORCE

TRAVAUX DE M. MARCEL DEPREZ

RÉSUMÉ DES EXPÉRIENCES

A l'exposé théorique qui vient d'être fait, il convient, pour donner au lecteur l'idée complète des travaux de M. Marcel Deprez, de joindre un récit rapide des études expérimentales, des essais qui ont été faits successivement et qui ont rempli les années 1881, 1882 et 1883

Le point de départ peut être reporté à l'Exposition d'électricité de 1881. Sans doute, M. Marcel Deprez avait expérimenté avant cette époque, mais dans son laboratoire, sur une échelle restreinte; quelques personnes avaient eu occasion de voir un exemple de distribution qui fonctionna dans son atelier, ce fut au Palais de l'Industrie qu'il produisit pour la première fois ses travaux en public.

L'installation qu'il y plaça était un exemple de transport et de distribution électrique de la force. En ce qui concerne le transport, il ne s'écartait pas beaucoup de ce qui était fait par d'autres; la portée totale de son câble était d'environ 1-800 mètres, ce qui était fort honorable pour ce temps, mais ce qui n'était pas exceptionnel; la force recueillie ne fut pas mesurée, la force dépensée était d'environ quatre chevaux. Au reste, on peut dire qu'à cette époque on se préoccupait médiocrement de mesurer avec précision les forces et les rendements, chose qui devint si importante, peu après: arriver à transporter dans des conditions quelconques semblait déjà un résultat intéressant. A ce point de vue l'installation de M. Marcel Deprez en valait une autre; le côté par où elle était hors de pair et qui la rendait exceptionnelle, c'est que non content de transporter la force, il la divisait entre des appareils nombreux, différents et fonctionnant indépendamment les uns des autres, en un mot, il opérait avec distribution. C'était la première réalisation des principes qui ont été exposés plus haut. Nous reproduisons fig. 1 l'ensemble des deux machines dynamo-électriques qui engendraient le courant à l'aide d'une excitation par double enroulement. Le câble double qui l'emportait faisait tout le tour du Palais de l'Industrie et allait envoyer des dérivations tant au rez-de-chaussée qu'au premier étage à vingt-sept appareils divers, les uns isolés, les autres disposés en atelier et comprenant des machines à coudre, à plisser, des scies à ruban, des machines à tresser les fils de métal, des lampes à arc et à incandescence, enfin une presse à imprimer. Chacun de ces appareils avait son petit moteur électrique, la plupart un moteur magnéto-électrique, système Marcel Deprez, quelques-uns, entre autres la presse, des petites machines dynamo Siemens.

Sans doute, il n'y avait là qu'une expérience, mais de grandes dimensions, déjà se rapprochant quelque peu des proportions d'une application; très neuve en tout cas, et qui fut très remarquée; c'était au moins un départ très brillant et qui promettait.

Dans le Congrès international d'électricité de 1881, M. Deprez avait exposé ses idées et la théorie d'ensemble du transport de la force telle qu'il l'avait conçue; cette théorie, on peut s'en souvenir, avait rencontré beaucoup de contradictions; l'application, comme il vient d'être dit, était restreinte comme distance et comme quantité de force: il fallait aller plus loin, confirmer la théorie par des expériences précises, et pousser l'application jusqu'à l'utilité industrielle.

Il est vrai que l'auteur n'était pas obligé d'entreprendre lui-même ces travaux. Beaucoup d'hommes de science, ayant énoncé une idée, s'en tiennent là et ne jugent pas qu'ils soient appelés à la faire passer eux-mêmes dans la pratique : cela est permis sans aucun doute, et ils ont, après tout, rempli leur fonction en faisant une œuvre de savant et de théoricien; mais, si l'on ne peut les blâmer, on doit louer ceux qui ne reculent pas devant la tâche pénible de donner la forme matérielle à leurs idées; besogne ardue en effet qui veut, outre les qualités du savant, d'autres qualités moindres peut-être, mais aussi rares, parmi lesquelles il faut compter d'abord une persistance que rien ne doit lasser.

Le premier soin lorsqu'on entra dans la voie expérimentale, fut de vérifier à fond et complètement les diverses bases sur lesquelles reposait la théorie émise au Congrès, plus tard exposée devant l'Académie et produite devant le public dans ce journal *La Lumière Electrique.*

Les détails qui viennent d'être donnés ci-dessus résument les résultats les plus saillants de ces expériences : ainsi qu'on doit le penser, ce sont là seulement des exemples choisis parmi un grand nombre d'autres. En ce qui concerne particulièrement les courbes caractéristiques, il en fut relevé une grande quantité sur des machines aussi nombreuses et aussi différentes que possible. On acquit ainsi une connaissance très complète de ces divers types; les renseignements réunis furent très précieux pour les améliorations futures et pour l'établissement des types de machines qui devaient plus tard être construites.

Pendant ce temps on s'occupait de préparer les expériences de transport à grande distance. On se

souvient que l'un des premiers travaux théoriques de M. Marcel Deprez (*Lumière Electrique*, numéro du 24 août 1881) consistait à montrer qu'avec les types actuels de machines on pouvait, à l'aide d'une transformation mathématiquement calculable, arriver à réaliser le transport à longue distance. Les calculs reposaient sur des expériences faites par des ingénieurs anglais à Chatham, avec des machines à lumière; les données fournies dans le travail anglais étaient assez vagues, n'ayant pas été relevées dans le but que poursuivit plus tard M. Deprez; les premières expériences faites au laboratoire permirent de les compléter, et on put entreprendre une transformation conforme aux théories et devant atteindre le but avancé.

L'utilité de cette expérience se conçoit : sans doute elle ne pouvait répondre complètement aux conditions à remplir et ne pouvait fournir le résultat qu'avec des difficultés, d'une façon pénible et sujette aux accidents; pour réussir pleinement, il fallait constituer des machines nouvelles, on ne l'ignorait pas, seulement cette constitution supposait de longues études, il fallait examiner séparément l'influence de chacun des organes; puis, le type déterminé, il fallait du temps, il ne serait probablement reçu qu'à correction à la première exécution : l'usage de machines transformées permettait une expérience rapide et médiocrement coûteuse, il avait l'immense avantage de mettre le principe hors de doute de répondre ainsi aux objections et d'assurer l'avenir en donnant un point de départ solide.

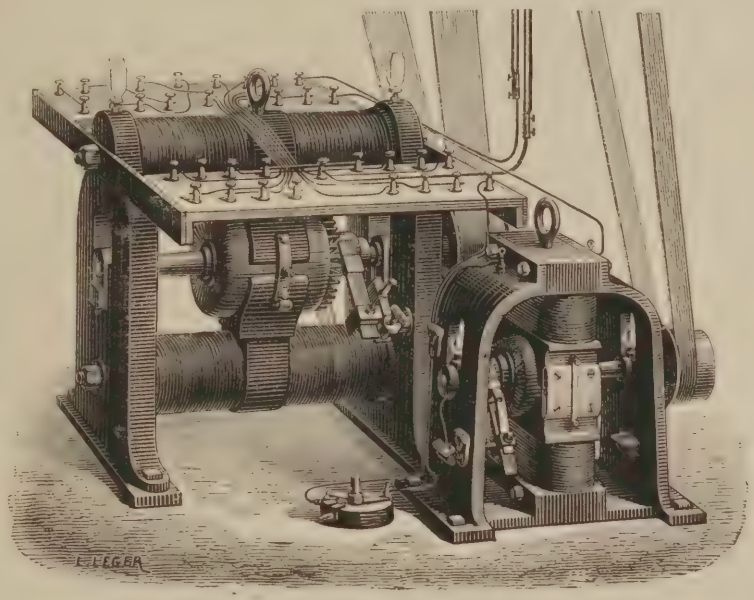


FIG. 1

Les machines choisies pour subir la transformation, furent deux machines Gramme du type d'atelier; elles reçurent de nouveaux enroulements formés de fils plus fins, furent modifiées dans divers de leurs organes, et enfin furent mises en expérience. Le 13 février 1882 M. Marcel Deprez put annoncer à l'Académie qu'il avait réussi à transporter 27 kilogrammètres à travers une résistance artificielle de 786 ohms représentant une longueur de 78,6 kilomètres de fil télégraphique; le rendement fut approximativement estimé à 25 o/o environ.

Il ne faudrait pas croire que les choses aient marché avec la rapidité commode que laisse supposer la brièveté d'un récit; on rencontra beaucoup d'obstacles à surmonter, seulement ils ne furent pas ceux qu'on avait annoncés. Bien entendu, il ne s'agit pas de M. Marcel Deprez et de ceux qui l'entouraient, ceux-là savaient à peu près à quoi ils devaient s'attendre, mais dans le monde électrique on avait dit de toutes parts que jamais cela ne marcherait, et chacun avait donné sa raison; ce qui devait arriver surtout, c'est qu'au premier essai les machine fondraient, brûleraient, enfin seraient détruites par la chaleur. Non seulement il n'en fut rien, mais jamais machines ne furent si froides; les machines à lumière les plus usitées chauffaient incomparablement plus que celles-là. Les difficultés se rencontrèrent non pas là, mais, comme le pensaient ceux qui avaient étudié la question, dans l'emploi jusque-là tout à fait inconnu des hautes tensions; il fallut isoler avec des soins spéciaux, disposer des commutateurs de formes nouvelles pour éviter au moment des coupures de courant la formation d'arcs voltaïques très difficiles à éteindre; il fallut même bientôt employer des procédés particuliers pour opérer des coupures, toute rupture brusque étant gravement nuisible. Et ainsi à mesure qu'on avançait se présentaient les difficultés inhérentes à l'emploi de l'électricité sous cette forme nouvelle, et successivement on les surmontait.

Ce fut vers le commencement de l'année 1882 que la Commission technique chargée d'organiser l'Exposition électrique de Munich, s'adressa à M. Marcel Deprez. La question du transport s'était imposée à l'exposition de Paris, on devait chercher à en faire un des attraits principaux de cette autre exhibition. Mais on voulait, cela se conçoit, la présenter sous des formes nouvelles et montrer des résultats qui n'eussent point été vus. La commission s'adressa à diverses maisons allemandes, leur demandant leur concours. La maison Siemens et

Halske, déclina la proposition ; sans doute elle n'eut pu que refaire ce qu'elle avait fait, et ne voulut pas se répéter ainsi. La maison Schuckert accepta : elle réalisa un transport à une distance de 5 kilomètres. La machine motrice était mise en mouvement par une chute d'eau, située sur la rivière de l'Isar à Hirschau. La ligne conductrice était en cuivre et présentait une résistance totale de 12,61 ohms.

Il convient d'insister sur ce point. On doit observer soigneusement que dans les transports la distance n'agit pas proprement par sa longueur, mais par la résistance du fil conducteur nécessaire pour réunir électriquement les deux machines. Sans doute on peut diminuer cette résistance en choisissant un métal bon conducteur et en augmentant le diamètre du fil, mais cela ne peut avoir lieu qu'en accroissant la dépense ; or il faut se souvenir que le transport de la force n'est pas seulement une question scientifique, il doit devenir une application industrielle, par conséquent les considérations économiques y jouent un rôle important, presque prépondérant ; pour qu'un transport soit réellement intéressant, il faut que la distance soit grande et, de plus, qu'elle soit franchie à l'aide d'un conducteur peu coûteux, c'est-à-dire d'un fil relativement fin et par conséquent d'une grande résistance électrique. Comme on peut le reconnaître immédiatement, l'expérience de M. Schuckert ne répond que très imparfaitement à ces conditions, la distance était médiocre et surtout le conducteur était de diamètre assez gros, au fond ce transport ne s'écarte pas des applications précédentes et en particulier de ce qui avait été fait au Palais de l'Industrie en 1881. Au reste, il ne fut pas pris de mesures sur ce transport; cela est un peu singulier, l'exposition de Munich ayant été faite justement dans le but d'avoir des renseignements précis, et les appareils ayant été généralement soumis à un examen sérieux.

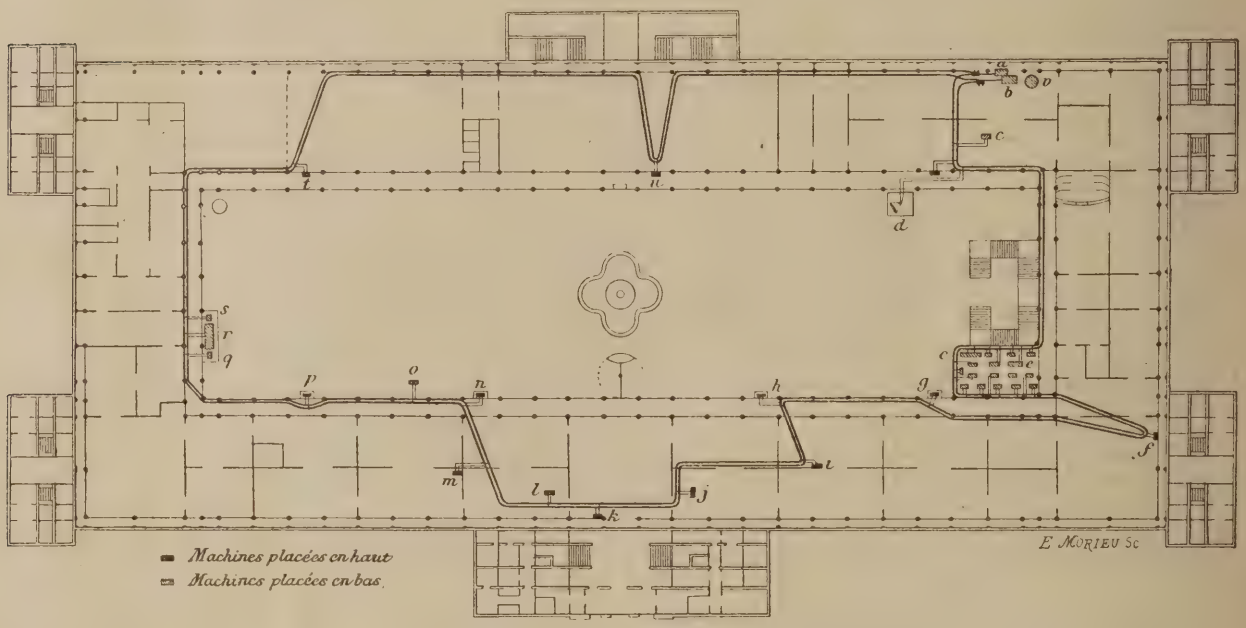


FIG. 2. — PLAN DE LA DISTRIBUTION MARCEL DEPREZ A L'EXPOSITION DE 1881

Nous ne dirons rien d'un prétendu transport présenté à Munich par la Société Edison, la génératrice et la réceptrice ayant été placées à 10 mètres environ l'une de l'autre : c'était un transport qui ne transportait pas et sur lequel il faut passer.

Il convient au contraire avant de venir à l'expérience principale de dire un mot sur un transport de forme singulière qu'avait exposé M. Marcel Deprez ; au point de vue de la distance, du transport proprement dit, il n'apportait rien de nouveau, il mettait au contraire en lumière une façon intéressante d'utiliser les actions électriques à la production du travail mécanique. Dans le cours des expériences, on avait été amené à étudier les solénoïdes et à reconnaître que les attractions qui sont développées dans ces engins sont très énergiques ; seulement dans leur disposition ordinaire ils ne peuvent donner de grands déplacements, et par conséquent de grands travaux. Par un détour ingénieux, M. Marcel Deprez sectionne le solénoïde ; c'est-à-dire qu'il le compose d'une série de petits solénoïdes très plats, superposés ; chacun d'eux est relié au suivant de façon à en former un ensemble continu ; mais au point de jonction de deux sections se trouve une touche de cuivre, et l'ensemble de ces touches constitue un collecteur du genre de ceux des machines Pacinotti-Gramme. Deux frotteurs amènent le cou-

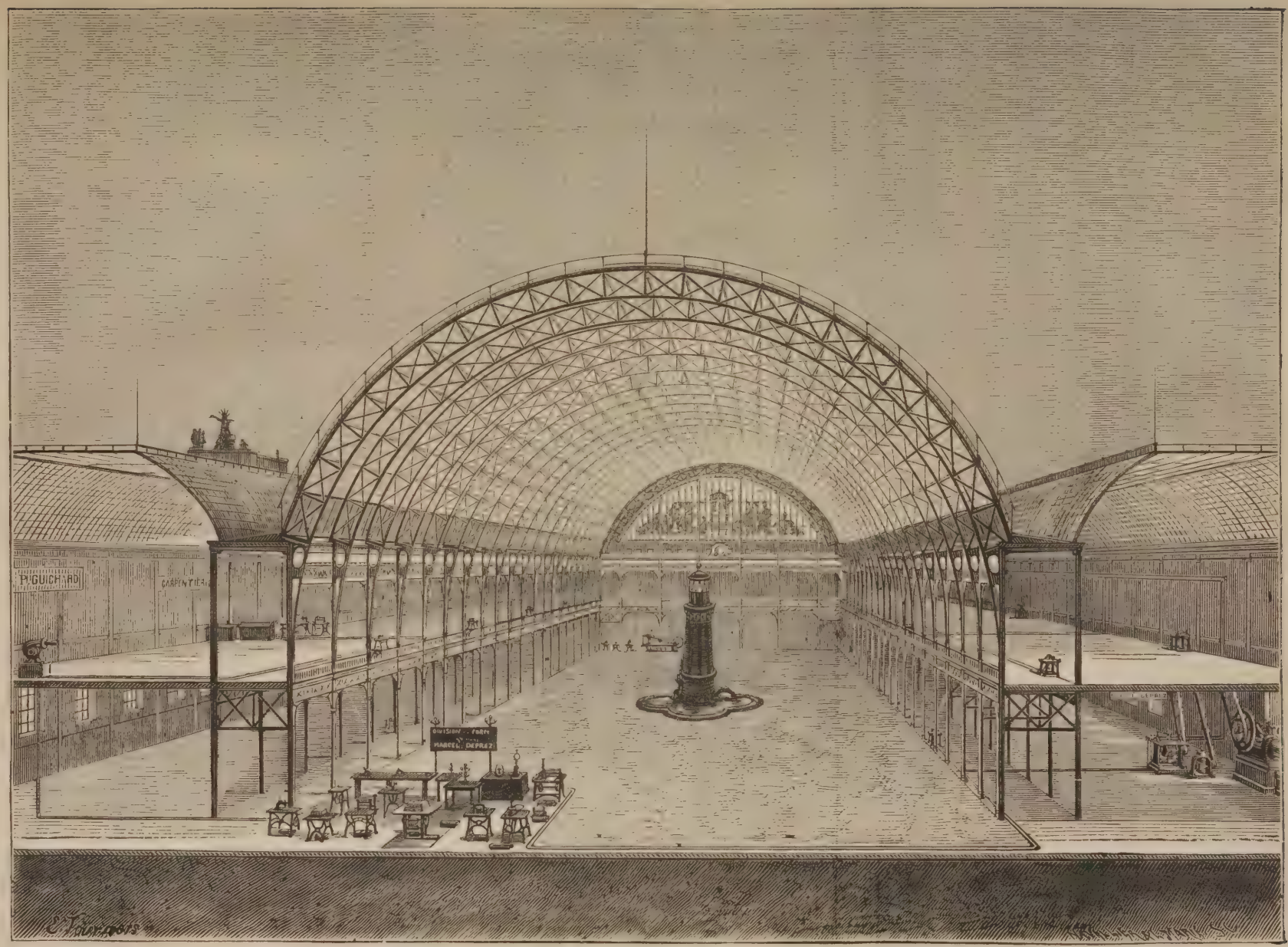


FIG. 3. — ENSEMBLE DE LA DISTRIBUTION MARCEL DEPREZ A L'EXPOSITION DE 1881

rant en comprenant entre eux un certain nombre de touches, dix par exemple. Il y a donc dans la colonne que forme le solénoïde, une portion agissante traversée par le courant formée de dix sections. En faisant courir les frotteurs sur le commutateur, on fera en même temps courir la portion active le long du solénoïde et le noyau de fer la suivra ; on peut ainsi le soulever rapidement, le faire descendre de même, et le faire agir comme un marteau-pilon. L'effort produit a été porté jusqu'à 180 kilos ; à Munich on en constata 70. La fig. 15 du précédent article représente cet appareil.

Il faut venir maintenant à l'expérience véritablement importante.

M. Marcel Deprez ayant annoncé qu'il se proposait d'atteindre les grandes distances, la commission lui proposa immédiatement d'aller à 50 kilomètres et lui offrit comme conducteur une ligne télégraphique ordinaire. C'étaient là, certainement, des conditions absolument exceptionnelles : rien d'approchant n'avait été tenté. Au point de vue de la résistance à franchir, M. Marcel Deprez était prêt, nous avons rapporté une de ses expériences, on avait traversé dans le laboratoire des résistances plus grandes que les 500 ohms d'une ligne de 50 kilomètres, mais il restait un côté douteux, c'était de savoir comment se comporterait une ligne télégraphique, si son isolement serait suffisant, si les intem-

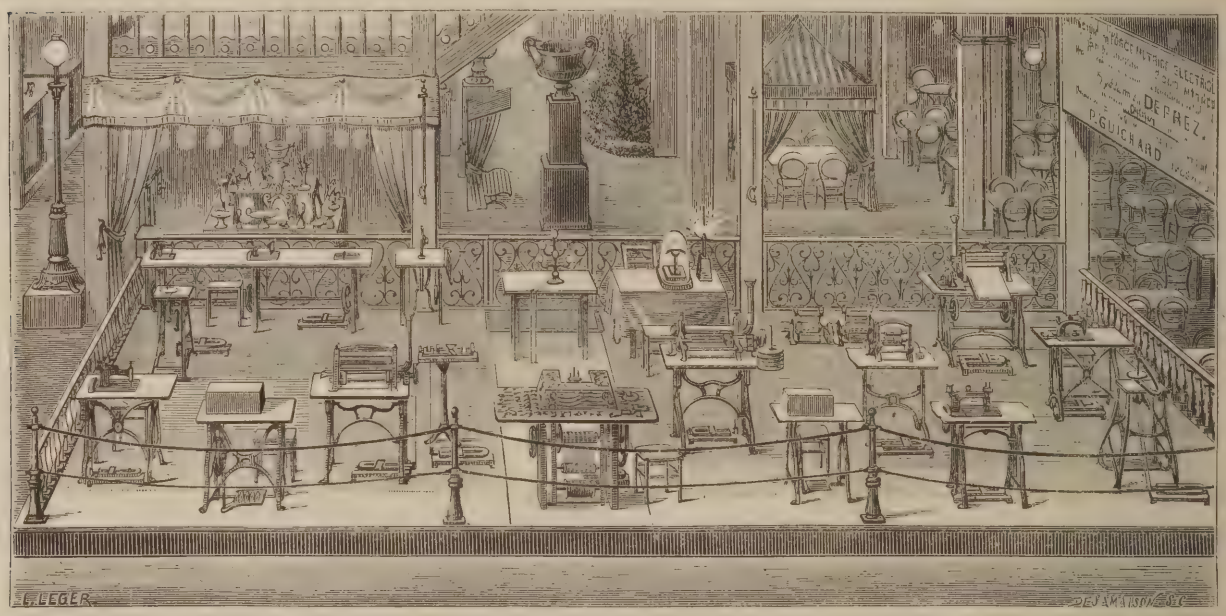


FIG. 4. — PETIT ATELIER FAISANT PARTIE DE LA DISTRIBUTION MARCEL DEPREZ A L'EXPOSITION DE 1881

péries atmosphériques n'auraient aucune influence. L'expérience seule pouvait répondre; accepter de l'interroger ainsi publiquement, sur une distance aussi grande et dans des conditions aussi solennelles était certainement hardi. M. Marcel Deprez eut cette résolution et le succès lui donna raison.

Il faut ajouter qu'en ce temps, on ne possédait comme machines dynamo-électriques fournissant des tensions élevées que les deux machines de Gramme transformées dont il a été question plus haut : appareils naturellement imparfaits, déjà quelque peu fatigués par les expériences auxquelles ils avaient servi; on les envoya à Munich. Le premier projet avait été d'opérer le transport entre Augsbourg et Munich, mais un industriel bavarois, M. Fohr, qui possédait une usine à Miesbach, petite ville située à 57 kilomètres de Munich, insista pour que la génératrice fût placée chez lui, et proposa de fournir la force nécessaire. La distance était à peu près la même.

On se servit pour conducteur d'une ligne télégraphique déjà existante, à laquelle il ne fut rien changé : on avait eu d'abord l'idée d'opérer le retour par la terre, toute réflexion faite on y renonça et un deuxième fil télégraphique compléta le circuit. Cette disposition doublait, il est vrai, la résistance de la ligne et par conséquent la difficulté du transport, mais on la crut nécessaire pour écarter le danger. On redoutait alors excessivement l'effet des hautes tensions électriques; or, si l'on revient par la terre, il suffit que quelqu'un touche un des points du circuit pour que son corps forme par là même un circuit dérivé.

Il fut reconnu plus tard que les hautes tensions étaient moins redoutables qu'on ne l'avait d'abord pensé, toutefois il est certain qu'il n'est pas prudent

de s'y jouer, et un fil de retour paraît toujours une précaution nécessaire. Il le paraissait bien davantage encore au temps dont nous parlons. Ainsi constituée, la ligne offrait une résistance totale de 950 ohms, selon la mesure de la commission d'études.

Il faut le dire, tout en invitant M. Marcel Deprez à réaliser son expérience, il ne paraît pas que la Commission de Munich eût beaucoup de confiance dans le succès : aussi, le jour où l'ingénieur de M. Deprez, M. Sarcia, avait annoncé qu'il ferait son essai, de nombreux membres du comité se trouvèrent là, et lorsque, au signal donné, les machines obéissantes entrèrent en mouvement, un vif applaudissement éclata. La machine de Munich était employée à conduire une pompe rotative alimentant une cascade ornementale.

Le succès fut bien et pleinement constaté, mais comme on aurait pu le prévoir, une foule de petits accidents vinrent en limiter la durée. A ce sujet, le mieux est de laisser parler le certificat délivré par la Commission.

« Les machines dynamo-électriques ont été mises en mouvement pour la première fois le 25 septembre à 7 heures du soir, et d'après les données de M. l'ingénieur Datterer, désigné par le Comité, la

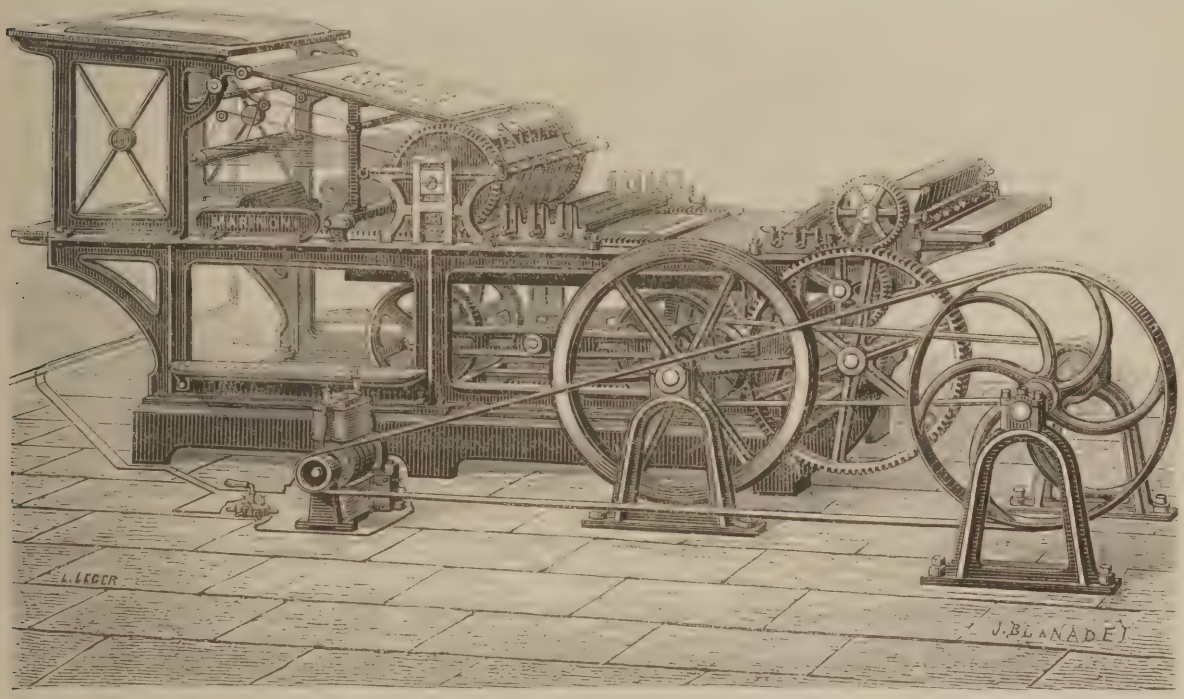


FIG. 5. — PRESSE A IMPRIMER FAISANT PARTIE DE LA DISTRIBUTION MARCEL DEPREZ A L'EXPOSITION DE 1881

réceptrice placée à Munich tournait à la vitesse de 1500 tours par minute, le frein servant à mesurer le travail était chargé de 1,5 kilog.

« Une série d'accidents due à ce fait que les machines étaient construites pour des expériences de laboratoire et non pour l'usage pratique, arrêtèrent au bout de huit jours la marche jusque-là complètement satisfaisante des machines. Les cercles qui entouraient l'anneau de l'une d'elles se rompirent; par suite les fils de l'anneau de $0^{mm},4$ de diamètre furent endommagés et durent être isolés de nouveau. Dans le bourg lointain de Miesbach, ces réparations ne purent être faites qu'avec de grandes difficultés et exigèrent de la part des collaborateurs de M. Marcel Deprez beaucoup de patience et de persévérance.

« Le 9 et 10 octobre, lorsque la Commission d'essai commença ses mesures, on ne put atteindre à Miesbach avec la machine réparée qu'une vitesse de 1600 tours par minute; les résultats obtenus furent par suite beaucoup moins favorables qu'ils ne l'eussent été à la vitesse normale de 2000 tours atteinte tout d'abord.

« Pendant quelques instants seulement, on put atteindre pendant les mesures, la vitesse de 2000 tours par minute et encore au commencement des expériences, un des balais de la machine se détacha, ce qui produisit un extracourant et détruisit complètement la machine. »

On voit par cet extrait que les résultats furent relevés dans des conditions peu avantageuses.

Ils ne présentèrent pas d'ailleurs une exactitude

complète, surtout au point de vue mécanique; le dynamomètre de transmission employé à Miesbach était fait pour des forces de 15 chevaux-vapeur, il se prêtait mal à la mesure des petites forces.

Tels quels, les résultats furent les suivants : travail reçu, 0,25 chevaux-vapeur, rendement électrique 38,9 o/o. Le rendement mécanique ne fut pas mesuré; on estima qu'il était d'environ 30 o/o.

Ce n'était là sans doute qu'un début; mais il s'écartait tellement des essais faits jusque-là, qu'un grand bruit s'éleva autour de lui : on discuta vivement, violemment les résultats, les procédés, tout ce qui parut prêter à l'attaque; du reste, ainsi que le dit M. Cornu dans un rapport à l'Institut, dont il sera question plus loin. « La violence des polémiques qui s'élevèrent à ce propos suffirait peut-être à elle seule à prouver que l'auteur avait sinon résolu le problème, du moins en avait touché de bien près la solution. »

On ne devait pas évidemment s'arrêter en si beau chemin. D'ailleurs, à travers ces essais publics, les expériences du laboratoire avançaient, et M. Marcel Deprez était arrivé à pouvoir fixer le type de ses machines définitives.

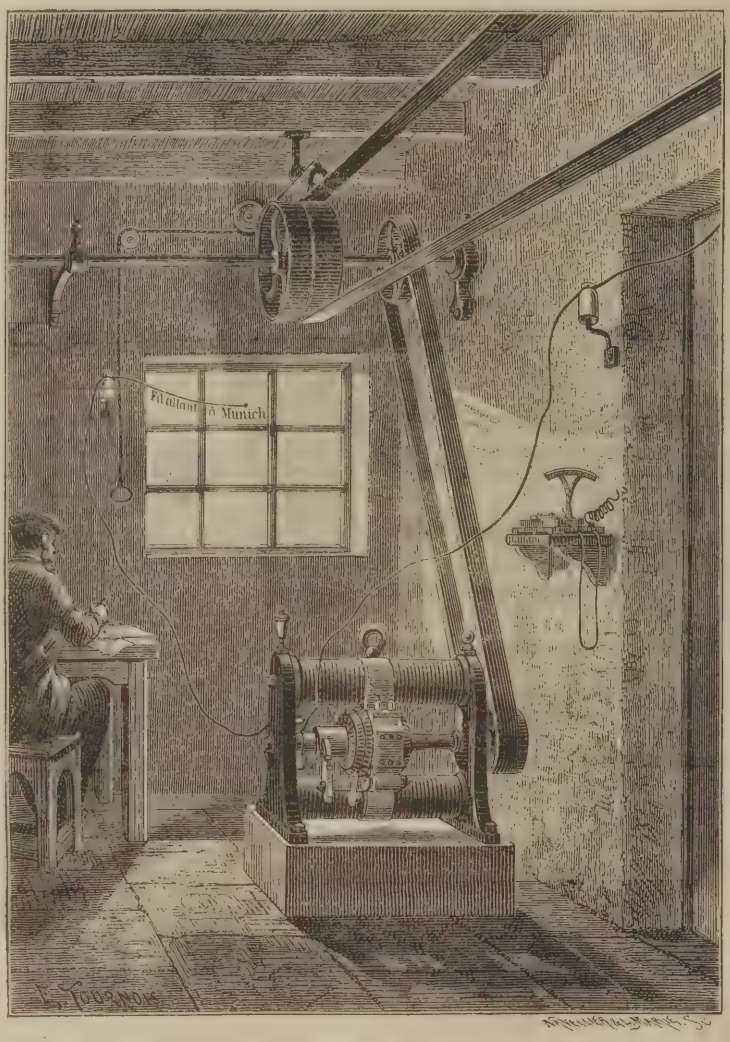


FIG. 6. — INSTALLATION DE MIESBACH

En raison de circonstances particulières et d'une application spéciale qui était projetée à cette époque, on ne se proposa pas d'adapter la première machine à un transport de très longue portée; on se limita à 20 kilomètres environ, mais on voulut recevoir un travail d'une importance réelle.

On commença par un seul appareil; la prudence veut que dans les voies nouvelles, on ne s'avance que pas à pas : la machine fut terminée vers le mois de janvier 1883; on l'essaya d'abord en laboratoire, elle parut répondre aux espérances; mais on voulut l'essayer d'une façon plus sérieuse, et en ligne réelle.

Une ligne télégraphique n'est pas chose facile à trouver. On en avait une, il est vrai, qui s'offrait avec instance; mais elle était en Bavière; à la suite du succès de la première expérience l'administration de Munich avait insisté auprès de M. Marcel Deprez pour qu'il la renouvelât avec les machines qu'il construirait plus tard. On pouvait accepter, mais c'était aller bien loin; et puis sortir de France, aller porter ses travaux ainsi à l'étranger, cela ne plaisait pas à l'inventeur. Parmi les lignes télégraphiques françaises, il en est quelques-unes que l'administration consacre souvent à des expériences, mais elle les réserve plus spécialement à la télégraphie; d'ailleurs, il faut dire que l'administration a une crainte exagérée des hautes tensions, et qu'elle répugne fort à les voir sur ses lignes. On eut l'idée de s'adresser à la Compagnie du Nord. L'ingénieur chargé du service télégraphique, M. E. Sartiaux, avec beaucoup de bienveillance sut trouver une ligne qu'il était possible de distraire du service général pour quelques jours; les ingénieurs du matériel, MM. Delebecque et Sauvage, voulurent bien trouver un coin et une transmission dans leurs ateliers; le service de l'exploitation et son ingénieur, M. J. Sartiaux, prirent l'expérience à leur charge et s'occupèrent des détails; en un mot, on trouva

FIG. 7. — INSTALLATION DE MUNICH

dans la Compagnie une bonne volonté dont M. Marcel Deprez doit certainement la remercier.

Comme il s'agissait de savoir exactement où l'on en était, et de relever le plus de mesures possible, comme après tout, M. Marcel Deprez opérait pour lui-même, il prit les dispositions les plus convenables pour rendre les études faciles. A cet effet, les deux machines génératrice et réceptrice furent placées l'une près de l'autre dans les ateliers de la Compagnie, et réunies d'un côté par un fil à résistance insignifiante ; de l'autre part, elles étaient reliées par une ligne télégraphique double allant au Bourget et revenant. La distance était de 8 k.,5, la longueur totale du fil était donc de 17 kilomètres environ. Des deux machines, l'une qui servait de génératrice était la dynamo nouvellement construite : nous en donnons ici la représentation (fig. 8). Comme on le voit cette machine a deux anneaux induits tournant chacun dans un champ magnétique distinct; les inducteurs présentent la forme d'électro-aimants en fer à cheval qui a été reconnue la plus avantageuse pour produire le champ magnétique avec une faible dépense d'énergie. Les nombreuses bornes que l'on voit sur la

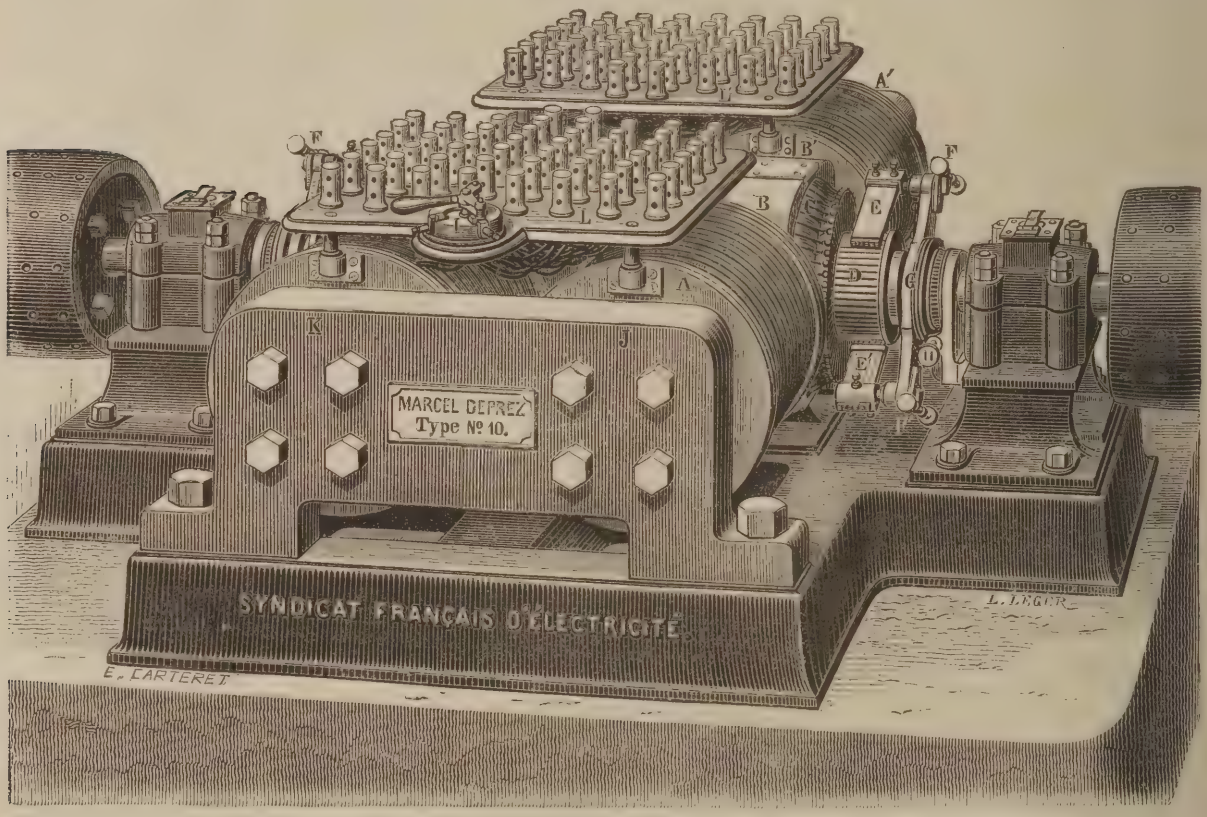


FIG. 8

table supérieure sont destinées à permettre d'opérer des combinaisons et à faire varier les effets de la machine qui était ainsi disposée pour l'étude et les essais. La réceptrice était une machine Gramme du type D transformée. On n'ignorait pas que celle-ci serait inférieure à l'autre, mais il faut ajouter que l'expérience fut accompagnée de toutes sortes de malheureuses circonstances. La réceptrice avait souffert dans des expériences récentes; les jours d'expérience étant fixés, on n'eût pas le temps de la réparer, et on dut la prendre telle qu'elle, sachant bien qu'elle avait des pertes d'électricité nombreuses, et dont l'importance n'était même pas entièrement connue. Pour comble, la génératrice qui était fort bonne reçut une pluie torrentielle au moment où on la descendait de son wagon. On pensa d'abord que l'inconvénient serait médiocre, mais il fallut en rabattre; pour donner sa force électromotrice, cette machine devait être menée à des vitesses de mille à quinze cent tours. Lorsqu'on la mit en mouvement, il fut impossible de la mener d'abord à plus de cinq cents tours, à cette vitesse, les isolants pénétrés d'eau laissaient passer l'électricité, et des étincelles continues jaillissaient. On dut commencer dans ces détestables conditions, et ce n'est que peu à peu, la machine séchant lentement, qu'il fût possible d'atteindre des vitesses convenables ; encore, mille tours, qui

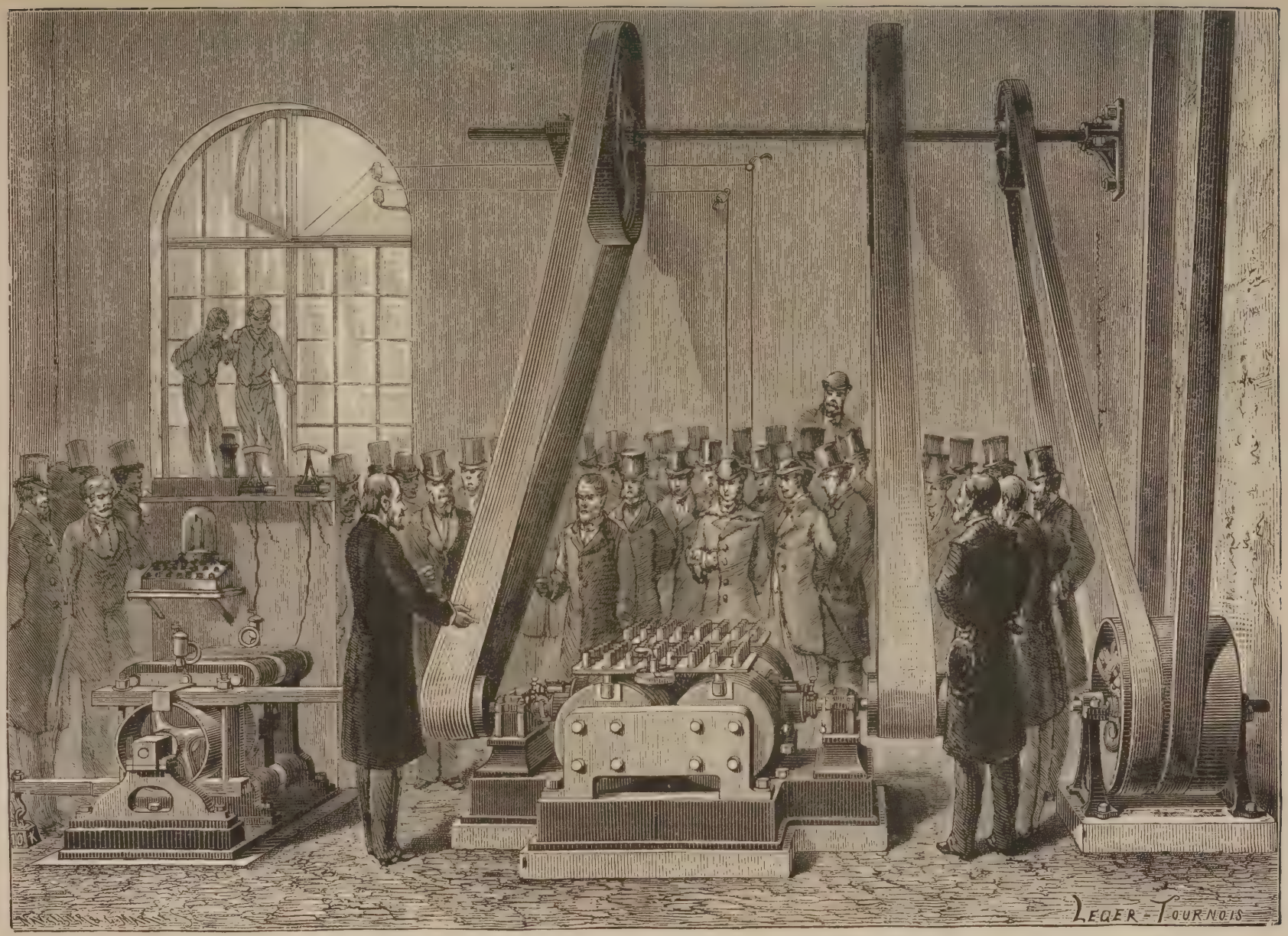


FIG. 9. — INSTALLATION AUX ATELIERS DU CHEMIN DE FER DU NORD

devait être un régime normal et facile à dépasser, resta un maximum qu'on n'atteignait pas sans peine et qu'on ne soutenait pas très longtemps. Ces expériences apportaient un élément tout nouveau à la question du transport électrique de la force, elles attirèrent très vivement l'attention du monde savant, si bien que l'Académie des sciences, à laquelle des communications avaient été faites sur ce sujet, voulut être complètement éclairée et nomma une Commission composée de MM. Bertrand, secrétaire perpétuel, président, Tresca, de Freycinet, de Lesseps, Cornu, rapporteur.

Le travail dépensé sur la génératrice était mesuré à l'aide d'un dynamomètre de transmission du général Morin, obligeamment prêté par le Conservatoire des arts et métiers ; les travaux reçus étaient mesurés et absorbés par un frein de Prony. Les éléments électriques étaient relevés en double, par M. Cornu, à l'aide des galvanomètres Marcel Deprez, par M. Hopkinson, qui opérait de son côté en même temps que la commission, à l'aide de voltemètres W. Thomson. Il faut ajouter que ces

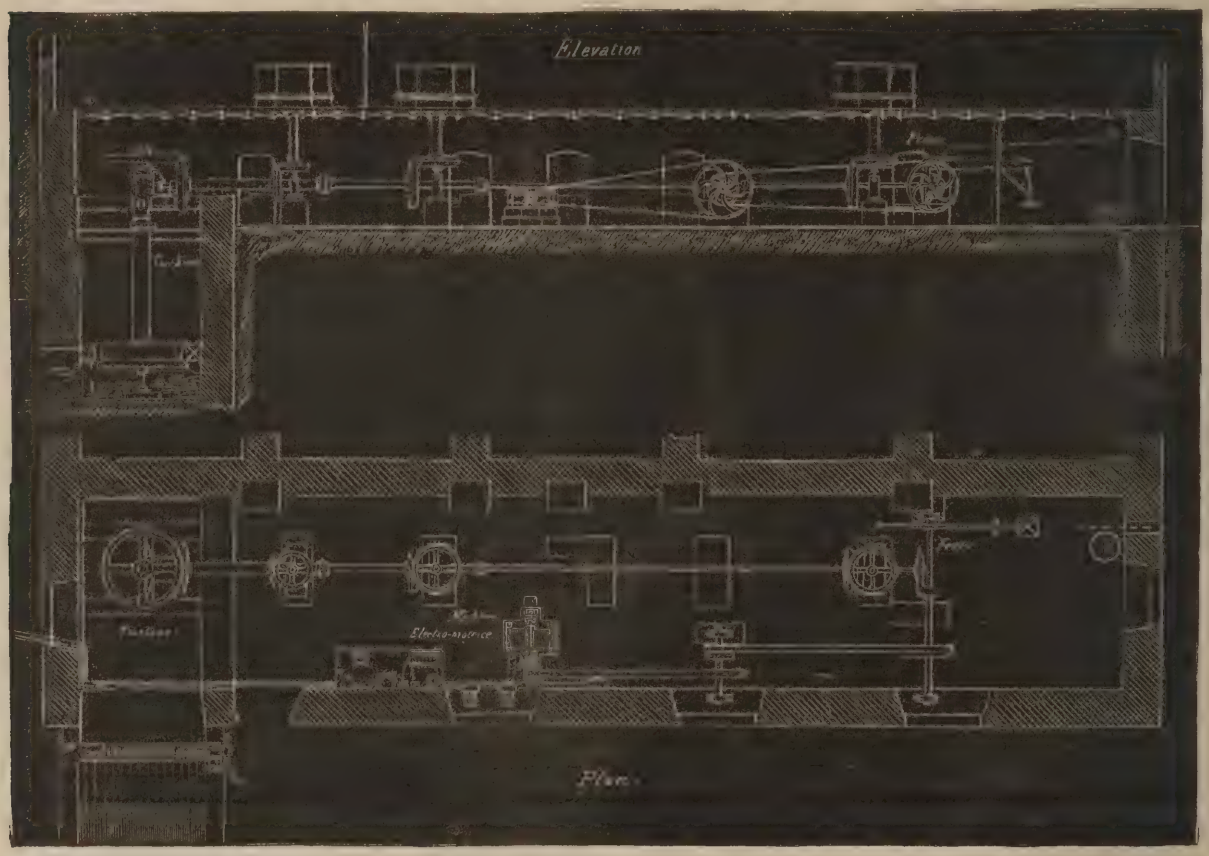


FIG. 10

instruments avaient dû être arrangés de façon spéciale pour mesurer des potentiels très élevés pour lesquels ils n'étaient pas faits et pour lesquels il n'existe pas d'appareils. Ainsi le galvanomètre Deprez fonctionnait dans un circuit où était intercalée une résistance de 50,000 ohms. Tous les détails ainsi que les procédés de tarage et de vérification sont exposés avec grand soin dans le rapport fait à l'Institut par M. Cornu, rapport qui a été inséré dans *La Lumière Electrique*, n° du 14 avril 1883. Une série d'expériences à des vitesses différentes fut faite, et les chiffres suivants furent relevés. (Voir p. 58 le tableau extrait du rapport).

Parmi ces expériences, l'une, le n° 5, doit être l'objet d'un certain doute, cette expérience fut marquée par un accident heureusement sans gravité mais qui troubla fort les observateurs. En prenant des mesures électriques, M. Cornu voulant faire une manœuvre de commutateur saisit par mégarde les appareils par le métal au lieu de prendre le manche isolant et se trouva ainsi dans une dérivation prise sur les bornes de la génératrice ; les expériences montrent qu'en ce moment la différence de potentiel à ces bornes était d'au moins 1,900 volts. M. Cornu fut donc soumis à cette tension. Il fut violemment projeté à quelques

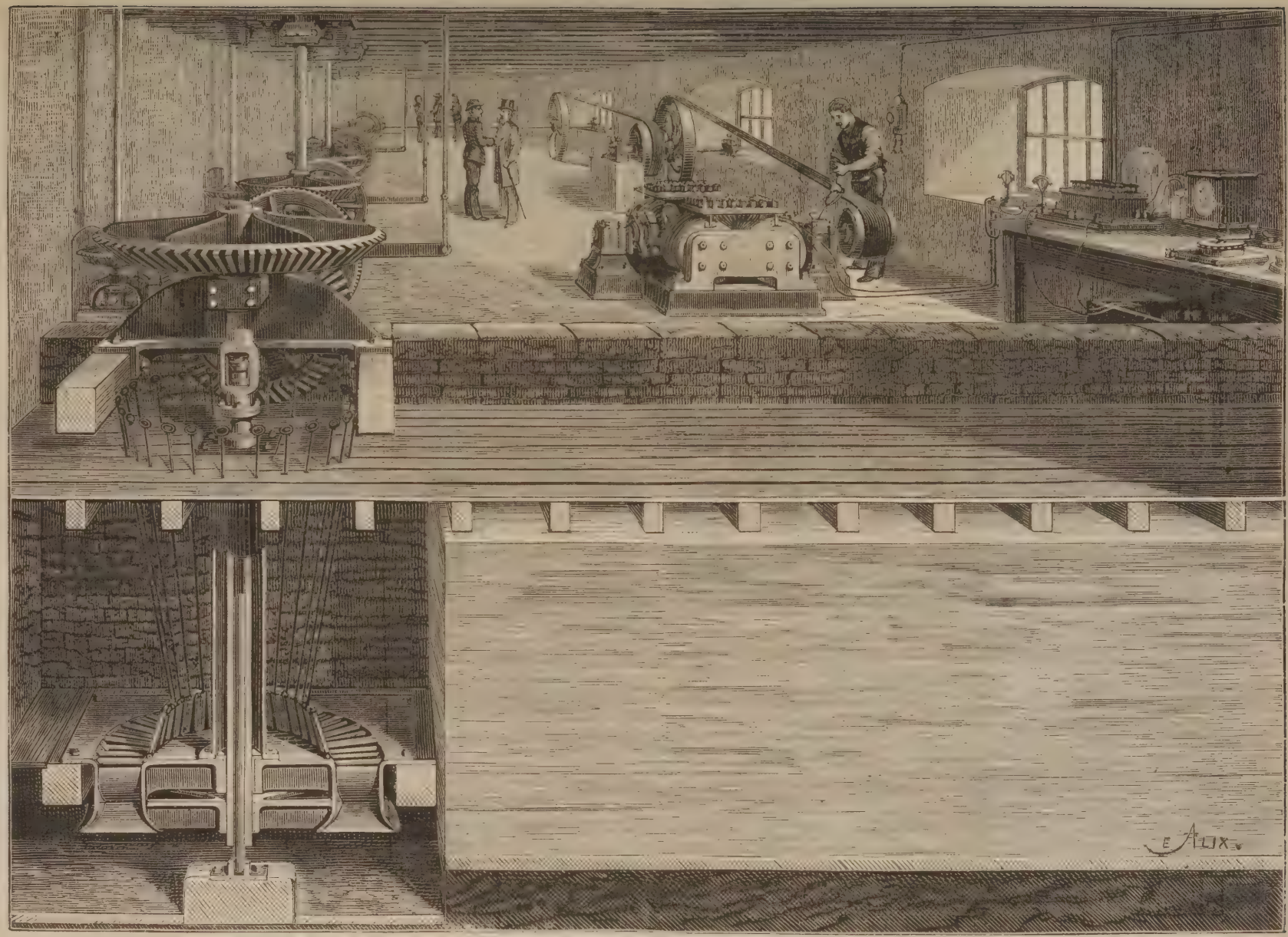


FIG. II. — INSTALLATION A VIZILLE

pas, sans tomber cependant; les deux doigts qui avaient touché reçurent deux brûlures d'étendue restreinte mais assez profondes : avec cela un étourdissement de quelques secondes, telles furent les seules suites de cet accident, seulement on conçoit l'émotion générale. A quelque chose malheur est bon, et M. Cornu, remis au bout de quelques minutes, fit remarquer lui-même que c'était là une expérience intéressante. On redoutait extrêmement les courants de haute tension, on avait annoncé que des effets foudroyants se produiraient, appuyant ces sinistres prévisions sur des accidents que les machines à lumière avaient produits : on oubliait dans cette comparaison que ces dernières étaient des machines à courant alternatif et les autres des machines à courants continus. La différence des effets physiologiques est très grande;

RESULTATS DYNAMOMÉTRIQUES

NUMÉRO de l'expérience	NOMBRE DE TOURS par minute		TRAVAIL MÉCANIQUE		Rendement net. Transmission déduite
	Génératrice	Réceptrice	fourni à la génératrice	recueilli sur la réceptrice	
			ch.		
1	378	104	3,838	0,578	0,170
2	370	88	3,854	0,489	0,147
5	850	602	9,771	3,344	0,435
6	923	709	10,556	3,939	0,477
7	850	643	9,514	3,572	0,482
8	1024	790	12,267	4,430	0,456

une alternative ayant une tension de 600 volts tue presque à coup sûr; un courant continu de 1,900 volts, s'il n'est pas sans quelque danger, au moins ne tue en aucune façon.

Le rapport déposé par la commission de l'Académie des sciences concluait de la façon que voici : « En résumé les résultats obtenus par M. Marcel Deprez, conformes de tout point aux principes théoriques qui doivent guider les ingénieurs dépassent de beaucoup tout ce qui a été accompli avant lui par la grandeur du travail transmis comparée à la résistance du conducteur de transmission et de plus sont remarquables par le rendement mécanique obtenu.

La commission n'a pas qualité pour juger la valeur économique et l'avenir industriel des résultats obtenus; mais après l'examen approfondi auquel elle s'est livré des appareils et des principes mis en œuvre, elle n'hésite pas à proclamer l'importance des faits qu'elle a été à même de constater.

En conséquence elle propose à l'Académie des sciences de feliciter M. Marcel Deprez des progrès si importants qu'il a accomplis dans la solution du problème si intéressant du transport électrique de l'énergie et de l'encourager à poursuivre ses travaux en continuant à mettre comme il l'a fait jusqu'ici les ressources d'un esprit ingénieux au service des principes les mieux établis de la science électrique. »

Le progrès sur les expériences de Munich était considérable en effet : les forces transmises s'étaient élevées d'un quart de cheval à quatre chevaux et demi, le rendement avait monté de 30 à 48 o/o : la distance n'était plus aussi grande mais restait néanmoins sérieuse; les deux postes étaient en effet dans les mêmes relations électriques que s'ils eussent été à 8 kil. 5 l'un de l'autre.

En réalité, on le sait, ils n'étaient pas séparés; la commission avait pris des mesures électriques spéciales montrant que l'influence de cette disposition était nulle et que les machines agissaient tout comme si elles eussent été à distance, néanmoins cela donna quelque prise à la critique. Il faut ajouter que, en raison des circonstances qui ont été dites, les expériences avaient dû être faites rapidement, les grandes vitesses surtout ne purent être soutenues que le temps nécessaire aux comptages : scientifiquement, les résultats étaient

FIG. 12

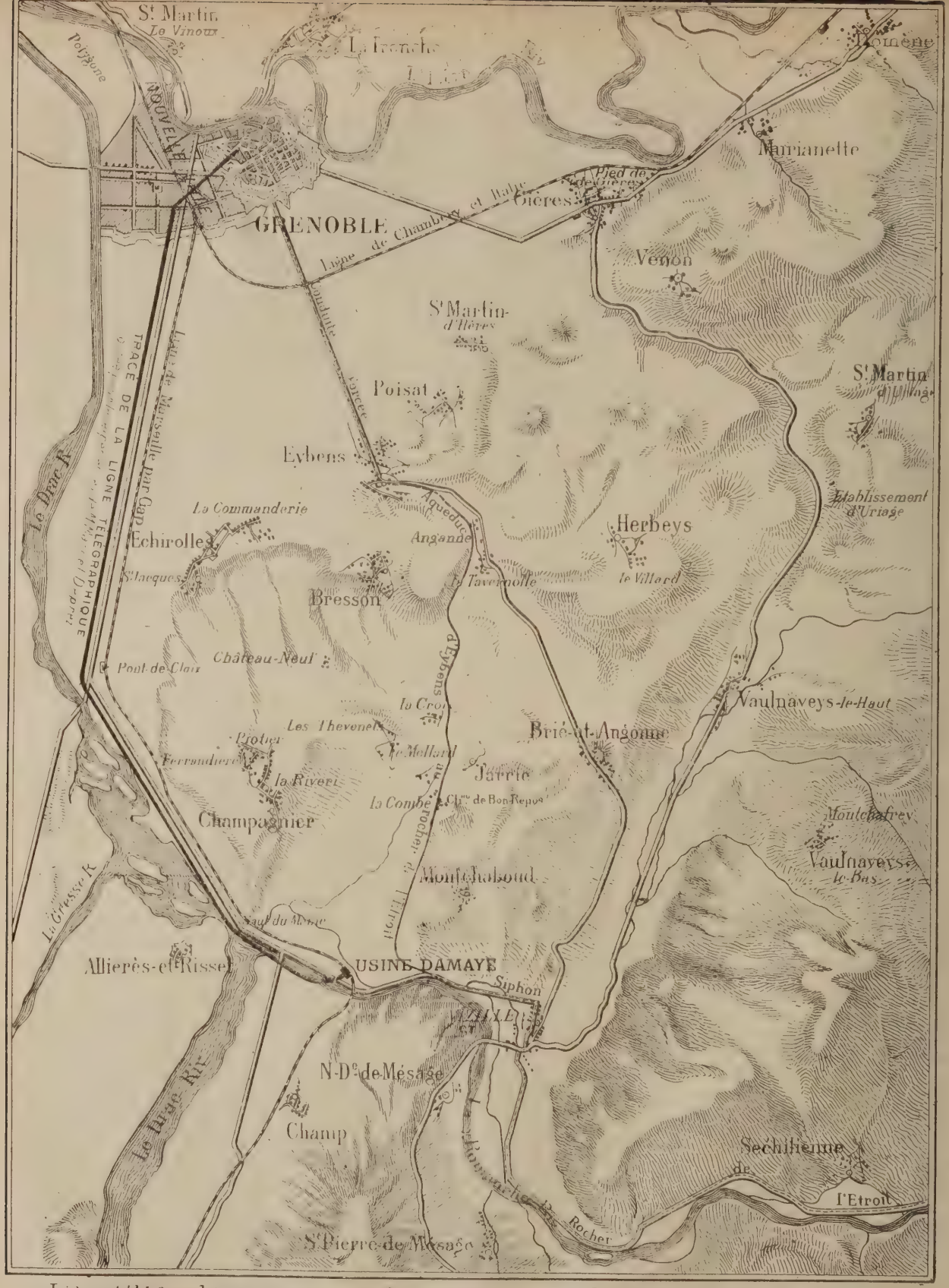
acquis; industriellement ils pouvaient réclamer une confirmation.

M. Marcel Deprez n'avait cependant pas l'intention de reprendre ces essais avec les machines dont il avait fait usage; telles quelles, les expériences du chemin de fer du Nord jointes aux nombreuses études du laboratoire lui suffisaient pour déterminer les types des machines qui devaient transporter des forces élevées à de grandes distances; il se mit donc à préparer des types d'exploitation.

Vers cette époque, la municipalité de Grenoble entra en relations avec M. Marcel Deprez. La région montagneuse et pittoresque où se trouve le département de l'Isère est extrêmement riche en chutes d'eau; outre celles qui existent, il en pourrait être créé, avec très peu de soins et de dépense, une quantité presque illimitée; presque toutes ces forces restent inutiles en raison de leurs situations reculées.

La municipalité de Grenoble, intelligente et active, se préoccupait depuis longtemps de cette question. Des projets tendant à conduire à Grenoble des eaux sous pression avaient été lancés. Lorsque les résultats des expériences du Nord furent connus, ces messieurs résolurent de savoir avant toute chose si le transport électrique ne pourrait pas leur donner satisfaction; désireux de voir par eux-mêmes, ils demandèrent à M. Marcel

FIG. 13. — VUE EXTÉRIEURE DE L'INSTALLATION A VIZILLE



Ligne télégraphique posée pour les expériences de M. Marcel Deprez ——— (
Chemins de fer ..... ‖ Routes .....

Echelle au $\frac{1}{80000}$

0 1 2 3 4 5 6 7 8

IFD 1. 4. — PLAN DU TRACÉ DE LA LIGNE DE VIZILLE A GRENOBLE

FIG. 15. — VUE A VOL-D'OISEAU DU TRACÉ DE LA LIGNE DE VIZILLE A GRENOBLE

Deprez de répéter pour eux et chez eux les expériences déjà faites.

C'était une occasion de se contrôler soi-même et dans des conditions absolument pratiques : on accepta.

Les machines qui avaient servi au chemin de fer du Nord furent revues avec soin ; la génératrice s'était séchée ; la réceptrice fut modifiée dans plusieurs de ses parties, notamment dans son champ magnétique qui fut beaucoup amélioré. Ainsi remises en état, elles partirent pour Grenoble et avec elles, l'ingénieur, M. Sarcia. Le premier projet était de placer la génératrice à Sassenage qui est à environ 6 kilomètres de Grenoble ; l'aménagement de la chute d'eau ne parut point convenable ; on trouva ce qu'il fallait auprès de Vizille au point dit le pont de Champs, à 14 kilomètres de Grenoble. L'usine à ciment de MM. Damaye et Ce offrit de mettre la machine sur sa turbine, et, pendant tout le temps des expériences, en laissa aux expérimentateurs la libre disposition avec beaucoup de bonne grâce. La fig. 10 indique comment les choses étaient disposées. La turbine conduisait à l'aide d'une roue d'angle, un long arbre de transmission menant les divers moulins de l'usine. A l'extrémité de cet arbre, un autre était placé à angle droit ; on mit sur ce dernier la poulie motrice ; une autre transmission parallèle permit de multiplier encore la vitesse et conduisit la machine. Cette double transformation fut nécessaire pour passer de la vitesse de la turbine, environ 140 tours, à celle de la machine 10 fois plus grande. L'aspect de l'atelier avec la disposition de la turbine est représenté fig. 11, on a supposé la turbine dégagée de l'eau pour la laisser visible, la machine génératrice est au premier plan à droite auprès de la table à mesures sur laquelle est placé un poste télégraphique. Ce poste fut d'ailleurs inutile, ainsi qu'il sera dit plus loin.

La fig. 13 donne l'aspect extérieur de l'usine, et montre la fenêtre par laquelle arrivaient les fils conducteurs qui portaient le courant de Vizille à Grenoble et le ramenaient.

Ce circuit était composé de fils de bronze silicieux d'un diamètre de $0^m,002$. La figure 12 les représente en vraie grandeur. Il y eut au sujet de son installation une petite particularité dans laquelle se marqua bien les crainte de l'administration des télégraphes à l'égard des hautes tensions : il fallait en effet son autorisation pour établir cette ligne (on ne sait vraiment trop pourquoi, puisqu'on ne passait auprès d'aucune des lignes télégraphiques, mais c'est la loi) ; elle la refusa d'abord, donnant pour raison principale qu'il y avait danger, et, accessoirement, que des courants de haute tension pouvaient troubler les télégraphes rien qu'en passant auprès de leurs lignes par hasard et dans la ville, peut-être même rien qu'en prenant terre au même lieu ; il fallut une démarche directe et instante des députés du département de l'Isère pour qu'on revînt sur cette décision. La ligne fut posée par les soins des employés de l'Etat : on a dit que son installation avait été spéciale ; si l'on veut dire qu'elle avait été faite spécialement pour l'expérience, cela est exact ; mais si on veut dire qu'elle avait été soignée d'une façon spéciale, cela est tout à fait faux : elle fut, au contraire, installée très rapidement avec de vieux poteaux, des isolateurs fort ordinaires tirés des magasins ; les fils passaient au milieu des arbres ; la route étant assez étroite, il y avait passablement de contacts avec les feuilles ; en somme, c'était une ligne des plus communes.

La figure 13 montre qu'il y avait trois fils : les deux supérieurs servaient à la force, le troisième était destiné aux communications ; il reçut d'abord deux postes télégraphiques ; puis, avant même le commencement des expériences publiques, on y plaça deux postes téléphoniques Ader, qui fournirent un moyen de correspondance extrêmement commode, et facilitèrent grandement les expériences.

Ajoutons immédiatement que dans les expériences publiques qui furent faites, l'usage de ce téléphone fut une *great attraction* pour le public. Beaucoup de personnes demandèrent à pouvoir l'entendre, et à la fin de chacune des séances, le public prenait un plaisir particulier à voir échanger les renseignements sur la journée et donner les ordres pour le lendemain par le moyen du téléphone.

La figure 15 donne sur le plan des environs de Grenoble le tracé suivi par la ligne ; la figure 14 donne à vol d'oiseau un aperçu du pays qu'elle traversait. La ligne courait dans la magnifique vallée du Grésivaudan, le long d'une promenade nommée boulevard Saint-André, qui a un développement de près de 10 kilomètres, et va presque jusqu'au pont de Champs ; elle quittait le torrent du Drac à son confluent avec la Romanche, et, suivant toujours la route, remontait cet autre torrent jusqu'à l'usine. La résistance de ce circuit fut trouvée de 170 ohms.

La réceptrice était au centre de Grenoble, dans un vieux bâtiment nommé l'ancienne halle, et qui avait été autrefois une église ; l'emplacement était très vaste et fort haut, malheureusement assez mal couvert, on s'en aperçut plus tard ; l'étage supérieur était percé de grandes ouvertures dont les châssis avaient depuis longtemps disparu ; par les beaux jours, cela était charmant, et une fraîcheur délicieuse habitait la halle ; mais, par les mauvais temps, le vent froid des montagnes et les pluies faisaient rage. Un jour même il fallut cesser les expériences publiques parce qu'il tombait presque autant d'eau dans la halle que sur la place voisine, et les ingénieurs instruits par l'expérience redoutaient fort

FIG. 16. — INSTALLATION A GRENOBLE

l'humidité pour les machines. Cette circonstance est rappelée ici afin de constater que le temps ne fut pas toujours favorable : on fonctionna, au contraire, à travers de violentes intempéries et au milieu même d'un gros orage. Qu'il fit froid ou chaud, laid ou beau, sec ou humide, les machines ne parurent point s'en apercevoir et marchèrent toujours également bien.

Avant de demander aucun service à ces machines, naturellement on les essaya; à cet effet, on munit la réceptrice d'un frein de Prony, et on donna ordre au poste de Vizille de partir à une vitesse de 500 tours environ, de monter lentement en vitesse et d'aller jusqu'à 12 ou 1300 tours, vitesse où il se tiendrait, l'expérience devant durer en tout une heure, à moins, bien entendu, qu'un signal d'arrêt ne fût donné de Grenoble.

L'essai donna pleine satisfaction; on vit avec plaisir la force reçue monter de 3 à 4, puis cinq chevaux, dépassant ainsi les résultats acquis, puis s'élever encore, atteindre sept chevaux environ et s'y tenir pendant toute la fin de l'expérience. Il fut

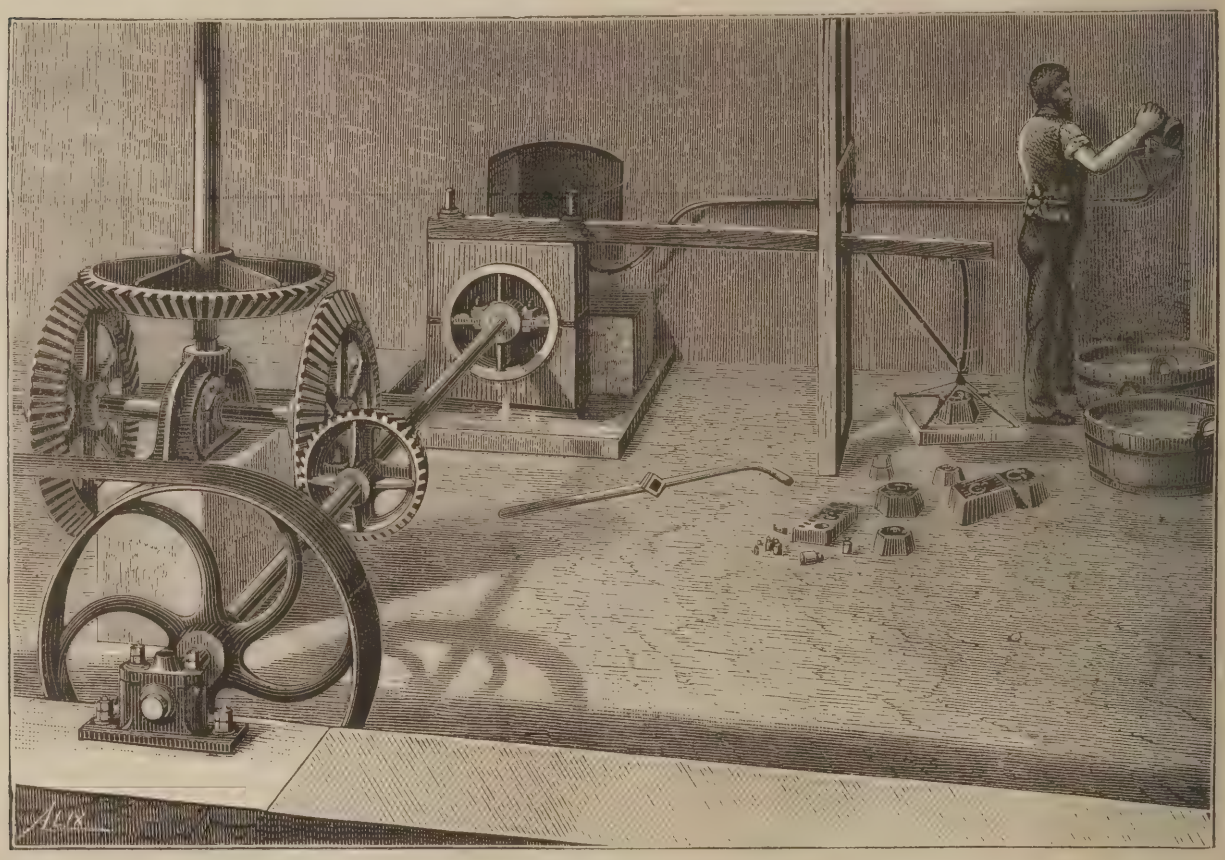


FIG. 17

alors certain que les machines étaient réellement en très bon état, qu'elles feraient un excellent service et qu'on pouvait compter sur elles.

Pour commencer, on donna seulement à conduire à la réceptrice une pompe rotative alimentant une cascade; elle était loin, dans ces conditions, de fournir toute sa force. On marchait à petite vitesse à Vizille et on recevait à Grenoble environ deux chevaux. C'était une jolie expérience, propre à intéresser le public; on marcha ainsi tous les jours, pendant une quinzaine environ, de deux à quatre heures de l'après-midi, période pendant laquelle la commission municipale s'organisait.

Il avait été nommé, en effet, une commission chargée de suivre les expériences. Le maire de Grenoble, désireux d'être complètement éclairé, avait fait choix d'un certain nombre d'ingénieurs, et les ayant réunis, sous la présidence de M. Boulanger, capitaine de génie, les avait chargés de lui fournir un rapport.

Il s'agissait là surtout d'une étude pratique; ce qui importait, c'était d'être renseigné sur les forces transmises et dépensées, sur la régularité du fonctionnement, sur les possibilités industrielles; les données électriques restaient intéressantes, mais secondaires : les moyens n'étaient pas directement

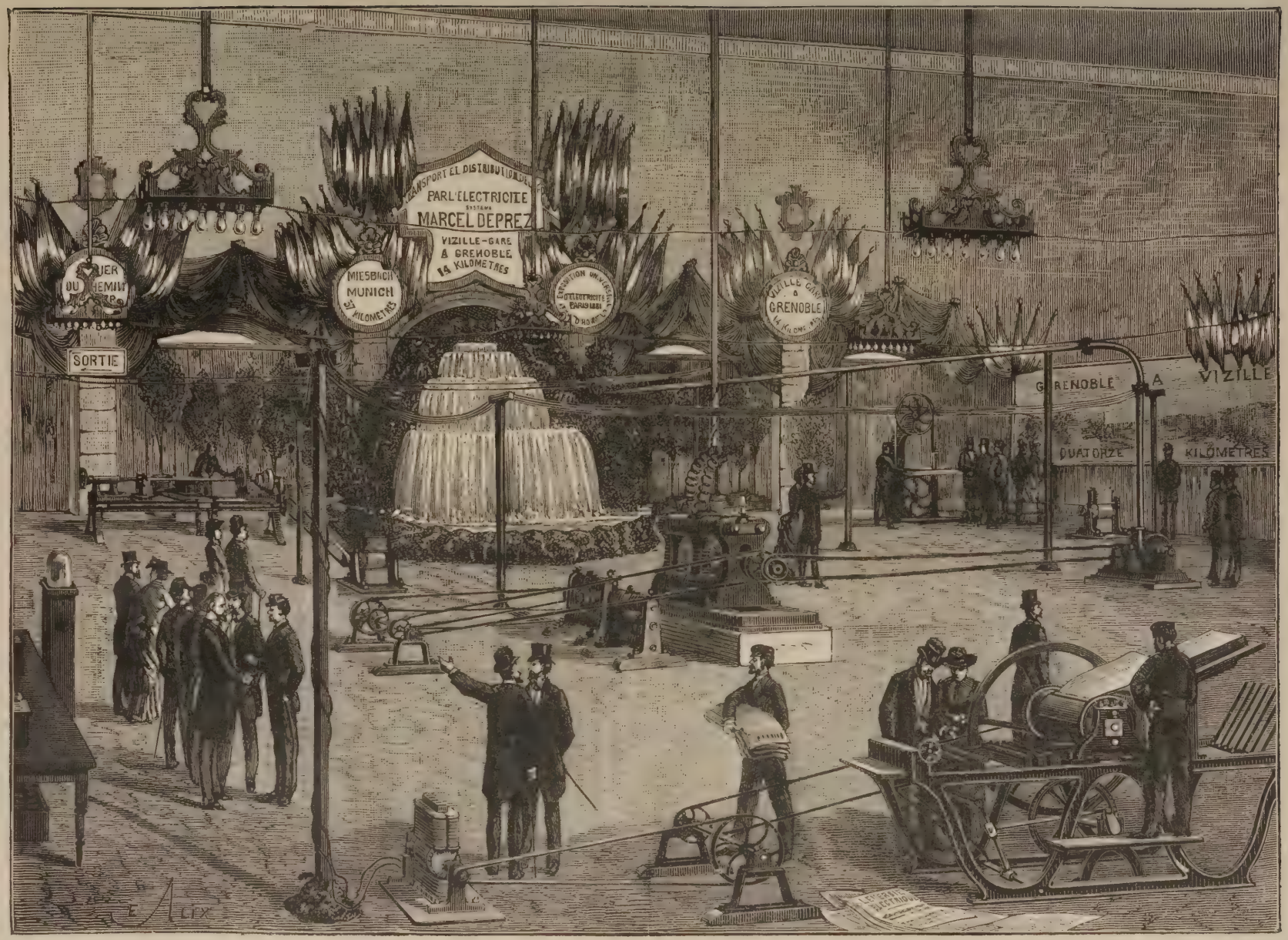


FIG. 18. — INSTALLATION DE LA DISTRIBUTION DE LA FORCE A GRENOBLE

soumis à l'étude, mais plutôt les résultats. On se préoccupa donc surtout d'organiser des mesures dynamométriques. Au poste d'arrivée cela ne présentait aucune difficulté; le frein de Prony qui avait servi au chemin de fer du Nord, remis en état, fut employé de nouveau. A la station de départ, la difficulté était plus grande : on n'avait pas de dynamomètre de transmission, ces instruments sont assez rares; d'ailleurs, il faut le dire, celui qui avait fonctionné au chemin de fer du Nord, et qu'on eût pu à la rigueur se procurer, n'inspirait pas toute confiance; fait pour des vitesses médiocres, lorsqu'on le mettait en jeu aux vitesses que réclament les machines électriques, il ne permettait que des enregistrements de courte durée, trente secondes au plus; la commission de Grenoble entendait faire des études moins rapides. Il pouvait d'ailleurs y avoir avantage à changer de méthode : on recourut à un procédé de substitution. La commission a expliqué en détail dans son rapport en quoi consiste ce moyen; en principe, le voici : sur l'arbre de transmission mû par la turbine, on plaça un frein de Prony; sa position est indiquée fig. 10 et son aspect représenté fig. 17. Cet appareil, très robuste, fonctionnait constamment arrosé d'un courant d'eau portant une émulsion d'huile et de savon : son frottement était ainsi rendu très constant et il marchait avec une grande régularité. Il fut reconnu par des expériences précises qu'il présentait une grande sensibilité.

La turbine étant alors mise en mouvement avec une levée déterminée de ses ventelles, on absorbait complètement son travail en l'amenant à une vitesse déterminée; la machine électrique était jusqu'à ce moment débrayée. Le régime une fois établi, on embrayait la machine génératrice, et en ôtant des poids du plateau du frein, on ramenait la vitesse à être la même : le travail total n'avait pas varié, la turbine demeurant dans le même état; en conséquence, les poids ôtés du frein représentaient exactement la portion du travail total absorbée par cette machine.

Il y eut trois séries d'opérations à trois journées différentes; chacune d'elles occupa toute la journée; on fit varier la vitesse dans des limites très éloignées. On faisait environ trois opérations par heure; chacune d'elles durait donc en moyenne vingt minutes; il ne s'agissait plus, comme on voit, de comptages rapidement enlevés, comme aux expériences du chemin de fer du Nord, mais d'examens sérieux et prolongés. Nous rapportons ci-dessous le tableau des dernières expériences qui furent les plus précises, comme cela est naturel.

On voit combien les résultats sont supérieurs à ceux qui avaient été constatés au chemin de fer du Nord.

La résistance du circuit était à peu près la même, mais elle était représentée par une ligne plus longue et par conséquent exposée à plus de chances de perte.

Comme cette question des pertes par la ligne avait été un grand sujet de discussion, et que d'ailleurs on n'avait pas de renseignements précis, on fit une expérience directe propre à montrer quelle était la valeur de ces pertes : pour cela on fit usage de voltamètres à lames d'argent et azotate d'argent, procédé très précis, et il fut reconnu dans deux expériences successives que la proportion moyenne de ces pertes était en nombre rond de 5 o/o, ce qui est une proportion fort rassurante, et lorsqu'aux expériences du Nord on considéra ces pertes comme négligeables, il est bien certain qu'on entendait une proportion de ce genre;

NUMÉRO des expériences		NOMBRE de tours de la génératrice	TRAVAIL moteur transmis à la génératrice	NOMBRE de tours de la réceptrice	TRAVAIL utile recueilli sur la réceptrice	RENDEMENT
H	1. . . .	780	6,97	484	3,30	47,3
	2. . . .	730	8,20	446	3,55	43,2
	3. . . .	732	8,96	406	3,69	41,1
K	1. . . .	865	8,39	614	4,19	50,3
	2. . . .	865	9,82	586	4,66	47,4
	3. . . .	875	11,05	558	5,08	45,9
L	1. . . .	946	8,40	712	4,86	57,7
	2. . . .	954	10,10	686	5,46	54.0
	3. . . .	970	11,46	662	6,92	52,5
M	1. . . .	1040	9,69	830	5,66	58,3
	2. . . .	1040	11,08	778	6,19	55.8
	3. . . .	1050	12,33	754	6,68	54,1
N	1. . . .	1127	11,18	875	6,97	62,3

c'est là en effet une diminution qu'on peut considérer comme sans influence pratique sur la marche des appareils. Quant aux déductions théoriques qu'on en peut tirer, on ne doit pas oublier que la ligne qui a servi à Grenoble était dans des conditions fort ordinaires, plutôt médiocres, et que dans une installation où les pertes menaceraient d'être gênantes il serait bien aisé de les diminuer beaucoup en prenant des précautions plus grandes.

Les expériences relatives au transport étaient très suffisantes au point de vue dynamoélectrique, on y joignit un relevé des éléments électriques et on posséda une notion complète de ce transport.

C'était tout le résultat qu'on se proposait d'atteindre : la Commission voulut profiter de l'occasion pour aller plus loin et elle demanda aux ingénieurs de joindre au transport la distribution. Cela n'entrait pas dans le programme. Il était tout à fait impossible de réaliser une distribution à distance, rien n'avait été disposé pour cela. On sait en effet que pour opérer cette répartition de l'électricité. M. Marcel Deprez fait usage de machines

L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Journal universel d'Electricité

Directeur scientifique : Marcel DEPREZ

NUMÉRO UNIQUE

Grenoble, le 5 septembre 1883.

Rédacteurs { *Frank GÉRALDY.* *Jules SARCIA*

A Monsieur MARCEL DEPREZ

Monsieur et très respecté Directeur scientifique.

Vos deux collaborateurs dévoués se font un honneur d'inscrire votre nom en tête du numéro unique de ce Journal, consacré à votre œuvre.

Un aperçu, à peine esquissé de vos belles découvertes scientifiques, un résumé trop bref de vos efforts et de vos progrès dans la voie difficile de l'application, la constatation de votre entier et glorieux succès, sont les éléments qui rempliront cette petite feuille, elle sera d'ailleurs, par elle même, la preuve matérielle de la valeur pratique de vos travaux.

Qu'il nous soit permis, en même temps, d'offrir, en votre nom, ce souvenir d'une expérience mémorable à la municipalité et aux habitants de la ville de Grenoble. Nous n'oublierons jamais l'accueil sympathique qu'ils nous ont fait, et nous sommes sûrs que leur initiative scientifique, dans cette question si importante, recevra sa légitime récompense lorsqu'un avenir prochain verra se réaliser, chez eux, les vastes applications qui vont suivre votre premier essai.

JULES SARCIA, FRANK GÉRALDY

LE TRANSPORT ÉLECTRIQUE DE LA FORCE

Depuis environ vingt ans, nous possédons le principe de machines capables de fournir un courant électrique continu lorsqu'on les fait tourner, depuis quinze ans à peu près, ces machines sont entrées dans la pratique et se fabriquent couramment sous diverses formes. On sait également, depuis assez longtemps, que ces appareil sont *reversibles*, c'est-à-dire qu'ils peuvent être employés dans les deux sens : si on les fait tourner, ils fournissent de l'électricité, si, au contraire, on leur fournit de l'électricité, ils tournent et reproduisent le mouvement. Prenons alors une machine de ce genre, mise en mouvement par un moteur (machine à vapeur, chute d'eau) : au bout du fil conducteur sur lequel elle envoie son courant, plaçons une autre machine analogue, elle recevra le courant de la première, se mettra à tourner et son mouvement pourra être utilisé, nous dépensons du travail à un bout du fil, nous en recueillons à l'autre, nous avons réalisé *le transport de la force par l'électricité*.

Ce principe, aujourd'hui si fécond, est resté longtemps confiné dans des applications très restreintes, parce qu'on ne pouvait, à l'origine, opérer les transports qu'à très petite distance. Cela tenait à l'ignorance où l'on était des lois de ce phénomène.

Vers 1880, M. Marcel Deprez entreprit cette étude. Il examina d'abord complètement le fonctionnement des machines dynamo-électriques et en montra les lois qu'il exprima à l'aide d'une courbe nommée *caractéristique*, laquelle, relevée pour une machine, en fait connaître toutes les particularités.

Dans tout transport électrique de la force (comme, du reste, dans tous les transports non électriques), il y a une perte. Le rapport entre la force reçue et la force dépensée se nomme *rendement* ; il mesure l'efficacité du transport. On croyait autrefois que, si l'on allait à de grandes distances, le rendement s'abaissait nécessairement et que l'on perdait presque toute sa force en chemin. M. Marcel Deprez prouva que le rendement était indépendant de la distance, c'est-à-dire qu'en se plaçant dans des conditions convenables, on pouvait, à toute distance, obtenir un travail donné, en ne subissant qu'une perte déterminée.

Après avoir montré les conditions nécessaires à remplir, lesquelles consistent principalement à employer l'électricité sous une *tension* convenable, M. Marcel Deprez entreprit de les réaliser.

Une première difficulté se rencontra. Parmi les lois qui régissent le fonctionnement des machines, une est inconnue : c'est celle qui lie l'intensité électrique avec l'aimantation du fer. Par un détour extrêmement habile et admirablement simple, M. Marcel Deprez supprima la difficulté et trouva le moyen de changer tous les éléments de la machine sans toucher à son aimantation. Il put ainsi, d'abord transformer les anciennes machines, puis, par une série d'inventions, constituer les machines nouvelles appropriées au transport.

Ces solutions ont donné au transport électrique de la force les qualités nécessaires qui lui manquaient, la sécurité dans les résultats, la grande portée, qui lui permet d'aller chercher les forces à quelque distance qu'elles se trouvent ; la liberté dans le choix des moyens, qui permet d'opérer le transport à l'aide de fils fins, ce qui le rend économiquement et pratiquement applicable.

L'expérience de Grenoble, dont les détails seront donnés plus loin, a été soumise, par la Commission municipale chargée de la suivre, à un examen extrêmement approfondi, elle aura duré environ un mois, les machines marchant tous les jours plusieurs heures, quelquefois presque toute la journée, soit pour la Commission, soit pour le public, la force recueillie s'est élevée jusqu'à 7 chevaux-vapeur, travail suffisant pour faire marcher une usine de quelque importance. Cette installation sort des limites de la démonstration ; c'est en réalité la première application pratique du transport à grande distance, on citera cette expérience comme une date dans l'histoire de la science.

FRANK GÉRALDY

LA DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE DE LA FORCE

Comme on doit le penser, on va immédiatement chercher à tirer du transport toute l'utilité qu'il comporte en s'adressant aux grandes sources de force. Mais on comprend aussi qu'ayant une fois amené au lieu de consommation, à Grenoble par exemple, une force considérable, mille chevaux vapeur, si l'on veut, il sera impossible de l'utiliser d'un seul bloc : aucune usine ne demande de pareilles sommes de travail. Il faut la répartir entre plusieurs, la distribuer. Pour cela, il faut distribuer l'électricité elle même, la subdiviser et amener à l'aide de fils conducteurs, chez chacun des participants, la quantité d'énergie qu'il réclame.

Cette distribution doit satisfaire à certaines conditions.

Il faut d'abord que l'on puisse diviser la force en parties aussi nombreuses qu'on le désirera et aussi différentes de grandeur qu'on le voudra, chacun doit, de plus, pouvoir user de son courant au moment où cela lui convient sans que pour cela les autres prises de courant soient influencées.

Il faut en même temps que la machine génératrice d'électricité exige toujours une quantité de force en rapport avec la consommation faite : qu'elle dépense peu si l'on demande peu, et beaucoup, seulement quand on demande beaucoup.

Ces effets de régulation et de division ne doivent pas être obtenus à la main par l'action incertaine d'un employé, ils doivent résulter d'organes agissant automatiquement, comme cela a lieu dans les machines à vapeur.

Comme on le voit, la question est compliquée. M. Marcel Deprez l'a résolue en principe dès 1881, et cela sans l'intervention d'organes mécaniques. Une modification électrique dans les machines, l'emploi de deux fils et de deux courants combinés dans le même appareil résolvent ce problème d'une façon d'autant plus satisfaisante qu'elle est plus simple.

A l'exposition d'Electricité de 1881, un exemple de cette solution fut placé sous les yeux du public. Vingt-cinq moteurs environ étaient placés sur une conduite électrique alimentée par une seule machine génératrice, et fonctionnaient tous à volonté.

L'installation faite à Grenoble est analogue, mais de proportions plus faibles, afin de montrer le problème dans toute son étendue, on a laissé fonctionnant l'un à côté de l'autre et distincts les exemples des deux problèmes résolus. La machine qui reçoit la force de la chute d'eau à Vizille-Gare la transmet à la machine de Grenoble, opérant ainsi un transport de force, la machine de Grenoble, à son tour, fait mouvoir un ensemble de machines qui font la distribution à une série de petits moteurs. Il est bien entendu que dans une distribution réelle cette complication n'existerait pas : une seule machine suffirait à faire le transport et la distribution.

Depuis les premiers essais, M. Marcel Deprez a complété le système en pourvoyant aux petites nécessités de régulation de vitesse, etc. Il ne reste plus qu'à aborder les grandes installations pratiques.

FRANK GÉRALDY

TRANSPORT ET DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE PAR L'ÉLECTRICITÉ

(SYSTÈME MARCEL DEPREZ)

HISTORIQUE DE LA QUESTION

La question du transport de l'énergie à grande distance a une histoire courte mais bien remplie. Jusqu'à l'année 1881 quelques essais de transport de force à courte distance ont été tentés, mais sans qu'aucune idée théorique ait précédé leur réalisation et sans qu'aucune mesure ait ensuite permis de contrôler les résultats obtenus.

Le premier M. Marcel DEPREZ a trouvé, par le calcul, la solution complète du problème et, dans le numéro 38 de l'année 1881, tome II du journal *La Lumière électrique*, il a montré quelles modifications il fallait apporter aux machines existantes pour réaliser avec elles le transport de l'énergie à toute distance. Les principes posés par lui sont expliqués ailleurs, dans ce journal, par mon collaborateur Frank Géraldy, et je n'ai pas à les rappeler ici. Mon rôle de chroniqueur doit se borner à raconter brièvement les applications successives réalisées par M. Marcel Deprez.

Après avoir modifié deux machines Gramme type A, de façon que leur résistance intérieure s'élevât jusqu'à 450 ohms, il fit une conférence le 15 mai 1882 au Conservatoire des Arts et Métiers, et y montra, pour la première fois, une expérience de transport de force à grande distance. Une ligne artificielle de 800 ohms de résistance, équivalente par conséquent à une ligne de fil télégraphique ordinaire de 80 kilomètres de longueur, permit de transporter un demi-cheval de force devant les spectateurs émerveillés.

A la suite de ce succès, les Membres de la Commission technique de l'Exposition d'Électricité à Munich écrivirent à M. Deprez et lui demandèrent de répéter son expérience avec une ligne réelle qu'ils mettaient à sa disposition. Il convient de dire que ces Messieurs s'étaient d'abord adressés à la Maison Siemens, de Berlin, pour obtenir un transport de force à grande distance, et que ce n'est qu'après son refus qu'ils songèrent à M. Deprez. Malgré la hardiesse de la tentative, malgré qu'aucun essai antérieur ne fût là pour l'encourager et lui montrer la voie, M. Marcel Deprez accepta.

La machine génératrice fut placée à Miesbach, petite ville du sud de la Bavière, où se trouvent des mines importantes de charbon, et située à 57 kilomètres de la ville de Munich. La machine réceptrice, placée dans la grande nef de l'Exposition, à Munich, actionnait une pompe rotative qui, elle-même, alimentait une petite cascade artificielle. La ligne se composait de deux fils télégraphiques ordinaires.

Le 25 septembre 1882, le hardi transport de force que nous venons de décrire succinctement marcha pour la première fois avec un succès complet. Il resta du reste le *clou* de l'Exposition, si nous pouvons emprunter cette expression au langage théatral.

Rentré à Paris, M. Marcel Deprez, poursuivant ses recherches avec une infatigable persévérance, fit construire une machine dynamo-électrique puissante, celle qui, actuellement, sert de génératrice à la station de Vizille-gare, et modifia une machine Gramme D pour l'employer comme réceptrice.

La Compagnie du Chemin de fer du Nord, ayant mis gracieusement à sa disposition une ligne en fil télégraphique ordinaire, M. Deprez exécuta une nouvelle expérience de transport de force à grande distance : le 4 mars 1883 l'Académie des Sciences nomma une Commission pour prendre les mesures dynamométriques et électriques. Cette Commission se composait de MM. Bertrand, Tresca, de Lesseps, de Freycinet et Cornu, rapporteur.

Nous n'entrerons pas dans le détail des travaux de cette Commission. Nous rappellerons seulement les conclusions de son rapport :

« . . . . En conséquence, elle propose à l'Académie de féliciter « M. Marcel Deprez, des progrès importants qu'il a accomplis dans la solu- « tion du problème si intéressant du transport électrique de l'énergie, et de « l'encourager à poursuivre ses travaux en continuant à mettre, comme il l'a « fait jusqu'ici, les ressources d'un esprit ingénieux au service des principes « les mieux établis de la science électrique. »

Les conclusions de ce rapport, mises aux voix, furent adoptées à l'unanimité.

JULES SARCIA

EXPÉRIENCES DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION DE FORCE

(SYSTÈME MARCEL DEPREZ)

DE VIZILLE-GARE A GRENOBLE (14 kilomètres)

Les expériences de transport de force, exécutées par M. Marcel DEPREZ aux ateliers du Chemin de fer du Nord, ont eu un retentissement très grand dans le monde entier. La Municipalité de Grenoble s'était préoccupée, à juste titre, d'une question aussi capitale pour le développement de la richesse nationale, surtout dans le département de l'Isère où les chutes d'eau inutilisées sont si nombreuses et si importantes, et M. Rey, maire de la ville, pria M. le docteur Bordier de suivre de près les expériences et de lui adresser un rapport sur les résultats obtenus. Tout le monde à Grenoble a lu ce rapport où M. le docteur Bordier a prédit, d'une façon si heureuse, ce qui devait se réaliser plus tard ici. Quelque temps après, dans un voyage qu'il fit à Paris, M. Rey rendit visite à M. Marcel Deprez.

Entre l'illustre savant et l'éminent administrateur l'accord fut bientôt fait. « Montrons au public grenoblois, notre juge en dernier ressort, ce que vous « pouvez faire en transportant la force à grande distance et en la distribuant « à son arrivée, dans le cas d'un succès, il en résultera, j'en suis sûr, une « solution avantageuse et pour vous et pour lui. » Tel fut le langage de M. Rey, et M. Marcel Deprez accepta de répéter à Grenoble les expériences des ateliers du Chemin de fer du Nord. Avant de partir, il répara quelques défauts qui existaient aux machines électriques, surtout à la machine réceptrice. On verra plus loin ce qu'en résulta.

Les détails de l'installation sont connus de tous et nous ne perdrons pas la place qui nous est parcimonieusement réservée dans ce journal de faible format à les décrire un à un.

Qu'il nous suffise de rappeler en quelques mots que la machine génératrice a été installée à l'usine Damaye et Cie, à Vizille-gare, que la ligne télégraphique qui sert au transport de la force, a été posée par les soins de l'Administration des lignes télégraphiques, et qu'elle se compose de deux fils en bronze siliceux de 2 millimètres de diamètre, gracieusement prêtés à la ville de Grenoble par M. Lazare Weiller, fabricant à Angoulême ; enfin, que la Halle a été le centre de réception choisi à Grenoble.

Un troisième fil en fil de fer télégraphique ordinaire, a servi à réunir les deux postes et leur a permis de communiquer entre eux tout le temps des expériences au moyen du téléphone.

Investi de la confiance de M. Marcel Deprez, j'ai été chargé par lui de tous les détails pratiques de l'installation. Mon ami Frank Géraldy, venu à Grenoble pour y faire deux conférences, dont le monde sait avec quel succès, s'est adjoint à moi pour la préparation des expériences et tous les deux nous avons fait pour le mieux. Ajoutons, du reste, avec plaisir que nous avons eu, de la part de l'ouvrier électricien Heurtebise que nous connaissons depuis longtemps et qui déjà avait aidé à l'expérience de Miesbach-Munich, le concours le plus dévoué et le plus absolu.

La décoration de la Halle et l'installation des machines-outils, nécessaires pour montrer la distribution de la force, a été faite avec la collaboration de M. Thiervoz, directeur du Service de la Voirie, et de son second, M. le Conducteur des Ponts et Chaussées Barnier.

Dans la Halle, la machine réceptrice, placée au centre, actionne d'une part une pompe rotative, d'autre part, un renvoi qui met en marche deux nouvelles machines électriques, dites machines à distribution. La pompe sert à élever de l'eau qui retombe dans des roches formant une cascade artificielle du plus heureux effet.

Les machines de distribution, au moyen d'une conduite générale, portent l'électricité à différents récepteurs qui mettent en marche :

1° Un tour,
2° Une scie à ruban,
Et 3° une presse à imprimer sur laquelle est tiré ce journal.

Enfin, dans cette même conduite générale, est placée une lampe à incandescence, gracieusement prêtée par M. Cerutti, opticien de la ville.

Tous les appareils, quoique branchés sur la même conduite électrique, sont indépendants les uns des autres au point de vue de la marche.

Pour contrôler les résultats obtenus, M. le Maire de Grenoble a nommé une Commission ainsi composée :

MM. le capitaine du génie Boulanger, *président* ;
Kuss, ingénieur des mines,
Jordan, ingénieur-mécanicien,
Rivoire, ingénieur des Ponts et Chaussées,
Merceron, id.
Pérémé, ingénieur-inspecteur des lignes télégraphiques,
Labatut, préparateur à la Faculté des Sciences.

MM. Peyret et Charlon, ingénieurs civils, et M. Perrin, directeur de l'Ecole Professionnelle, ont été adjoints à la Commission pour l'aider à prendre ses mesures.

Les résultats obtenus devant elle marquent un grand pas fait en avant dans le difficile problème du transport de la force à grande distance, et ils ont dépassé de beaucoup ceux que M. Marcel Deprez avait annoncés. A un moment donné, on a reçu jusqu'à 7 chevaux à Grenoble, avec un rendement supérieur à 60 %. Ce résultat est unique au monde.

Notre journal aura une durée éphémère, mais il présente cette étonnante originalité d'être tiré sur une presse à imprimer qui prend sa force à 14 kilomètres de la ville et la reçoit au moyen de deux fils qui ont 2 millimètres de diamètre. Ceux qui, trop peu avancés dans l'étude des sciences, ne peuvent pas se rendre compte des merveilleuses découvertes de M. Marcel Deprez, seront au moins frappés de ce fait et admireront le grand savant qui l'a réalisé.

Pour qu'il reste un souvenir de tous ceux qui, de près ou de loin, ont touché à cette magnifique expérience, nous donnons la composition du Conseil municipal de la ville de Grenoble, au moment où nous écrivons :

MM. Rey (Edouard), maire ;
Eymard, premier adjoint ;
Durand-Savoyat, deuxième adjoint ;
Germain, troisième adjoint.

MM. Dantart, Berges, Bernard, Bertrand, Calvat (Ernest), Cavalis, Cauley, Charlon, Collet, Durand (Léon), Gauthier (Abel), Giraud, Guigonnet, Jay, Marquian, Pellet, Poulat, Porteret, Refait, Tarrillon, Testoud, Laurat, Robert, *conseillers*.

M. Giroud, secrétaire général de la mairie.

En terminant, qu'il me soit permis de dire un mot de la presse grenobloise : MM. Fritz Maisonville, rédacteur en chef de l'*Impartial des Alpes*, Mascot, rédacteur en chef du *Réveil du Dauphiné*, A.-G. Claude, rédacteur en chef du *Républicain de l'Isère*, Roux, correspondant du *Lyon-Républicain*, Gaillard, de l'*Impartial des Alpes* ; Dumas, du *Réveil du Dauphiné* ; Berthier, du *Républicain de l'Isère*, ont laissé de côté toute question de clocher et nous ont été de précieux intermédiaires auprès du public. Qu'ils en acceptent ici tous nos remerciments.

JULES SARCIA

L'AVENIR

L'avenir n'est à personne, et il n'est pas possible, au début d'une application scientifique aussi importante, d'en définir d'avance les résultats, mais il est très permis, d'après la rapidité de sa marche passée, la sûreté des résultats acquis, d'en prévoir au moins le développement prochain.

Le transport de la force n'a que quelques années d'existence ; au congrès d'électricité, en 1881, des contradictions, des doutes entourèrent l'exposé des doctrines de M. Marcel Deprez, alors appuyées seulement sur des considérations théoriques. Deux années ne sont pas écoulées, voici les machines en marche et l'application pratique réalisée.

Les conséquences de cette découverte sont connues de tous. L'accroissement immense de richesses qui résultera de la récolte et de l'apport dans les villes d'une quantité illimitée de forces jusqu'ici perdues est un fait évident ; les heureuses modifications sociales, l'agrandissement de l'initiative individuelle qui sortiront de la distribution de la force ont été souvent signalées. Spécialement à Grenoble, dans ce pays de forces naturelles, d'industrie active et d'intelligence pratique, il est superflu d'insister sur ces choses.

Ce qu'il faut dire, c'est qu'il n'y a plus d'incertitudes à conserver sur cet avenir. Si après les expériences de laboratoire, même après les expériences, contrôlées par de si hautes autorités, faites au chemin de fer du Nord, si, disons-nous, après ces faits, un murmure de contradictions pouvait encore s'élever, il n'en est plus de même aujourd'hui : l'application de Grenoble a été pratique à tous les points de vue : chute d'eau, ligne télégraphique, valeur de la force reçue ; elle a été contrôlée sur tous les points, elle aura duré un mois avec des marches journalières : le doute doit cesser, l'avenir est immense et il est assuré.

FRANK GÉRALDY.
JULES SARCIA

Ce journal a été imprimé à la Halle de Grenoble, sur une presse gracieusement prêtée par M. G. DUPONT et faisant partie d'une série d'appareils mis en mouvement au moyen du transport électrique de la force, système Marcel DEPREZ (distance 14 kilomètres).

FIG. 10. — REPRODUCTION RÉDUITE DU JOURNAL IMPRIMÉ A GRENOBLE AU MOYEN DU TRANSPORT DE LA FORCE

portant deux enroulements, dont l'un reçoit un courant émané d'une excitatrice spéciale ou d'une dérivation prise sur le circuit utile. La génératrice de Vizille n'avait pas deux enroulements, on n'avait pas d'excitatrice convenable, il n'y avait pas de réceptrices pouvant marcher avec des courants de haute tension; bref, il n'y avait rien de possible dans le sens d'une distribution opérée de Vizille; répétons qu'il n'en avait pas été question. Tout ce qu'on possédait en ce genre, c'était le vieux matériel qui avait servi à l'exposition de 1881, celui-là pouvait servir à opérer une distribution *en local;* on le fit venir, c'était tout ce qu'on pouvait faire pour donner satisfaction à la commission. Il fallait installer cette distribution à Grenoble avec un moteur spécial. On eut alors l'idée d'employer pour moteur la réceptrice du transport. On remarquera tout de suite que cette disposition était incomplète et ne pouvait se prêter à des mesures. En effet, la distribution veut pour s'opérer que les machines génératrices soient toujours conduites à la même vitesse, quel que soit le travail réclamé; cela suppose un moteur

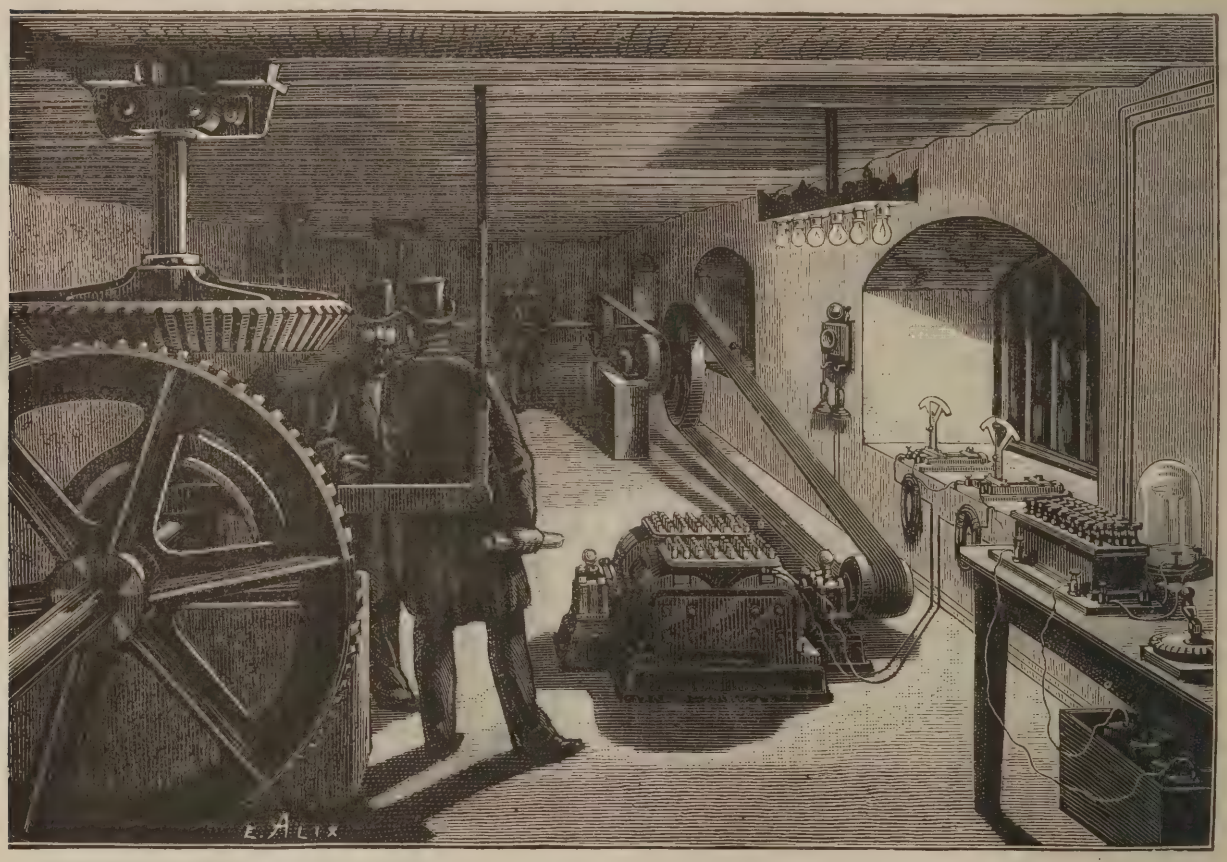


FIG. 20

portant un régulateur et maintenant toujours sa vitesse.

Ce n'était pas le cas de la réceptrice : celle-ci, suivant la charge qu'on lui imposait se ralentissait ou s'accélérait : toutefois cette distribution ainsi opérée par double transformation électrique constituait une expérience brillante, bien propre à intéresser le public, et on l'installa. La fig. 18 donne une idée de l'atelier ainsi organisé. La réceptrice au milieu de la halle conduisait d'une part la pompe alimentant la cascade, de l'autre les deux machines génératrices de la distribution; le courant engendré par celles-ci faisait le tour de la halle, et en divers points émettait des dérivations alimentant des petites machines Siemens qui conduisaient un tour à bois, une scie à découper, une presse à imprimer, et une lampe à incandescence : tous ces appareils travaillaient effectivement et indépendamment. Sur la presse, on tirait le numéro unique d'un journal relatif aux expériences, journal dont la reproduction réduite est donnée par la fig. 19. Cette installation fut comme la précédente présentée au public et fonctionna tous les jours de deux heures à quatre heures très régulièrement. On reconnut que le travail recueilli était d'environ six chevaux-vapeur.

FIG. 21. — ASPECT DE LA HALLE ÉCLAIRÉE PAR LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

Lorsqu'on en vint aux expériences de la distribution, comme il fallait, ainsi que cela vient d'être dit, un moteur à vitesse régulière, on substitua à la réceptrice une machine locomobile : il fut ainsi constaté que la distribution s'opérait avec une régularité très satisfaisante.

Pour achever de montrer comment l'énergie électrique transportée pouvait se ployer à tous les usages, on fit un peu d'éclairage. La halle fut illuminée à l'aide de 108 lampes Edison formant neuf lustres de 12 foyers : d'autre part, à Vizille, un lustre de 12 lampes éclairait la machine tout en servant de témoin. La figure 20 donne l'idée du poste de départ, la figure 21 rend assez imparfaitement le joli effet de la halle éclairée et remplie d'une foule empressée.

On démonta ensuite les machines et on les emporta dans un état parfait de conservation et prêtes à recommencer.

En dehors, en effet, des chiffres frappants qui furent trouvés et qui ont été rapportés, il sortit de ces recherches un grand sentiment de sécurité. Tous ceux qui avaient assisté à cette expérience, si prolongée qu'elle était une sorte d'application industrielle, emportèrent la conviction que la période pratique était ouverte et que le succès était assuré.

Quelque temps après la fin des essais, M. Marcel Deprez reçut de Grenoble le document suivant :

Extrait du Registre du Conseil municipal de Grenoble.

M. le maire fait au Conseil la communication suivante :

Messieurs,

J'ai l'honneur de déposer sur le bureau du Conseil un exemplaire du rapport de la Commission chargée de suivre les expériences qui ont eu lieu à Grenoble au mois de septembre dernier sur le transport et la distribution de la force par l'électricité, par M. Marcel Deprez.

A l'occasion de ce rapport qui vous a été distribué, permettez-moi, Messieurs, de vous rappeler que les expériences dont il s'agit ont fixé l'attention du monde savant et industriel, et qu'elles ont fait l'objet d'une communication officielle à l'Académie des sciences. L'éminent secrétaire perpétuel terminait sa note par les paroles suivantes que je suis heureux de reproduire ici :

« Ces nouvelles expériences ont eu un succès complet et « la ville de Grenoble peut réclamer l'honneur d'avoir fait « le premier pas dans une voie signalée à plusieurs reprises « par les encouragements et les espérances de l'Académie « des sciences. »

Afin de consacrer le souvenir de ces expériences, j'ai l'honneur de vous proposer, Messieurs, d'exprimer votre reconnaissance à l'illustre savant qui a bien voulu choisir notre ville pour y faire constater publiquement les résultats de ses précieuses découvertes.

La proposition de M. le maire est mise aux voix et adoptée à l'unanimité.

Le maire de Grenoble,

EDOUARD REY.

FRANK GERALDY.

SUR DIVERSES DISPOSITIONS

DES ACCUMULATEURS

ET SUR LEUR FORMATION

L'intérêt qu'on attache aujourd'hui au perfectionnement des accumulateurs de l'électricité voltaïque (1), nous engage à présenter quelques observations sur les diverses dispositions qu'on peut donner à ces appareils, et de nouvelles instructions relativement à leur *formation*.

Nous avons déjà décrit, il y a longues années, les principales dispositions que nous avons employées. La plus simple est celle qui consiste à enrouler les lames de plomb en spirale (2); car elle permet de leur donner le maximum de surface utile, sous le plus petit volume possible, et de faire tenir les couples dans des vases cylindriques en verre d'une obturation facile; la transparence de ces vases permet en outre de suivre les effets électrolytiques produits à l'intérieur des couples.

Cette disposition nous paraît encore la plus commode dans la plupart des cas, et particulièrement quand le poids du plomb des couples secondaires ne dépasse pas 3 à 4 kilogrammes. Pour des couples de grande dimension, cet enroulement présenterait plus de difficultés, et les lames de plomb, séparées par des bandes de matière isolante, pourraient, en s'affaissant, à la longue, sous leur propre poids, venir au contact l'une de l'autre.

Aussi avons-nous employé, en 1868 (3), une autre disposition, représentée fig. 1, consistant en une série de lames de plomb parallèles, séparées par des baguettes isolantes, et renfermées dans

(1) Voici dans quel sens nous avons employé depuis longtemps cette expression d'*accumulateurs* qui paraît actuellement adoptée :

« Quand on considère les effets produits par les couples secondaires dont nous avons exposé les principales propriétés, on reconnaît que ces appareils, tout en n'emmagasinant pas directement l'électricité elle-même, mais le travail chimique de la pile, peuvent être assimilés à ceux qui servent, en mécanique, à l'*accumulation* du travail résultant de l'action des forces, tels que les *accumulateurs* hydrauliques, les réservoirs d'air comprimé, les ressorts si justement nommés des *moteurs secondaires*, les moufles, le treuil, etc. Cette manière d'envisager les couples secondaires nous a conduit à mesurer leur *rendement*, ou le rapport du travail électrique restitué par leur décharge à celui du travail électrique dépensé pour leur charge... Nous avons trouvé que ce rendement était de $\frac{88}{100}$ à $\frac{89}{100}$. On voit, d'après ce résultat, qu'un couple secondaire à lames de plomb, bien *formé*, constitue un *accumulateur* assez parfait du travail de la pile voltaïque. » (*Recherches sur l'électricité*, Paris, 1879, p. 82 à 87.)

(2) *Comptes rendus*, 26 mars 1860, t. L, p. 640.

(3) *Annales de chimie et de physique*, 4e série, t. XV, p. 10 à 13, 1868.

des cuves à parois rectangulaires; les pôles des lames de rang pair étaient joints ensemble d'un côté, et les pôles des lames de rang impair se trouvaient réunis d'un autre côté. Ces lames étaient au nombre de 20 pour chaque cuve, dont 10 positives et 10 négatives; elles avaient 0^m25 de longueur sur 0^m25 de largeur, et un demi à un millimètre d'épaisseur. Quand les cuves n'avaient point de rainures intérieures, des cadres, formés de baguettes de gutta-percha ou de bois goudronné, séparaient les lames sur divers points de leur surface et particulièrement sur leur pourtour. Nous n'avons pas fait un aussi fréquent usage de cette disposition que de celle qui précède, en raison de l'opacité des récipients qui ne se prêtait pas à l'examen des phénomènes dans des appareils destinés aux recherches scientifiques; mais cette dernière forme peut convenir néanmoins pour les applications industrielles.

Nous avons décrit aussi, à la même époque (1), une batterie à lames de plomb placées horizontalement, ayant chacune un mètre carré de surface, et qui, réunies en grand nombre, auraient pu emmagasiner une très grande quantité d'électricité. Cette disposition conviendrait encore aujourd'hui que l'électricité est produite en abondance par les machines dynamo-électriques, pour des installations à poste fixe, où l'espace ne serait pas limité. Pour le cas où l'électricité doit être transportée sous le volume le plus réduit possible, la forme en spirale doit être adoptée de préférence.

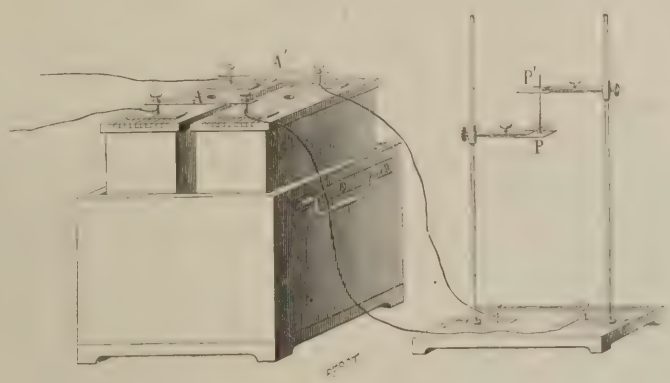


FIG. 1

Fac-similé d'une gravure extraite des *Annales de chimie et de physique*, (septembre 1868), représentant une batterie secondaire à lames de plomb parallèles, dont le courant produit la fusion d'une tige d'acier entre deux lames de platine P et P'.

Les figures 2 et 3 représentent un petit appareil très portatif composé de deux couples secondaires, associés par un système de commutateur que nous avons employé, il y a déjà plusieurs années (2). Les vases représentés dans la fig. 2, comme étant en verre, pour laisser voir l'intérieur des couples, sont, en réalité, des cylindres de caoutchouc durci, afin d'être plus légers et moins fragiles. Ils sont figurés avec un obturateur muni d'un orifice ouvert; mais cet orifice ne sert qu'à l'introduction du liquide, une fois pour toutes, dans les couples, et peut être complètement fermé par un petit bouchon de caoutchouc; les interstices qui existent autour des fils en relation avec les pôles des couples, suffisent pour le dégagement des gaz de l'électrolyse pendant la charge. Le liquide est toujours de l'eau acidulée au $\frac{1}{10}$ par l'acide sulfurique. Les lames de plomb peuvent être séparées soit par des bandelettes de caoutchouc, soit par de la toile d'amiante qu'on trouve aujourd'hui dans le commerce, au lieu de toile végétale que nous avions employée autrefois.

Les communications sont disposées de telle manière que, lorsqu'on serre les deux boutons de charge C et C', les deux couples secondaires se trouvent associés en quantité. Il suffit alors, pour charger l'appareil, de pousser les bornes BB' (fig. 3) contre une petite planchette ou *banc de charge*, muni de lamelles de cuivre formant ressort, telles que *b b'* (fig. 4) en communication avec une source primaire d'électricité.

Quand on veut décharger l'appareil, on desserre les boutons C et C', et on serre les boutons D et D'. Le bouton D réunit les couples secondaires en tension, et le bouton D' établit les communications avec une petite lampe à incandescence de Swan de la valeur de deux bougies environ.

L'appareil que nous avons ainsi disposé il y a deux ans (1) constitue une *lanterne électrique* ou *lampe de mineur*, à laquelle on peut ajouter, soit un capuchon en toile métallique, soit une éprouvette en verre épais ou pleine d'eau, pour éviter toute inflammation du grisou, en cas de rupture de la lampe à incandescence.

La figure 5 représente la forme sous laquelle l'appareil peut être le plus facilement transporté et suspendu dans une galerie de mine.

Cet appareil exige sans doute qu'on le recharge de temps en temps, mais si on place d'avance un certain nombre de lanternes ainsi construites contre les diverses paires de ressorts du *banc de charge*, représenté figure 4 et mis en relation avec la source

(1) 29 février 1868.
(2) *Recherches sur l'électricité*. Paris, 1879, § 114.

(1) 26 septembre 1881.

électrique primaire, telle qu'une machine dynamo-électrique placée au dehors de la mine, le mineur, en portant sa lampe à recharger, n'a qu'à en prendre une autre toute chargée, et l'appareil peut être ainsi d'un usage pratique.

La durée de la décharge et, par suite, de l'éclairage de la lampe, est de 3/4 d'heure à 1 heure, suivant la surface des couples secondaires ou leur degré de *formation*, et pourra être augmentée encore, à mesure que les couples seront plus complètement *formés*.

L'opération que nous avons désignée, en 1872 (1) sous le nom de *formation* des couples secondaires à lames de plomb, consiste dans une préparation électrochimique préalable de ces couples, ayant pour objet d'oxyder profondément l'une des

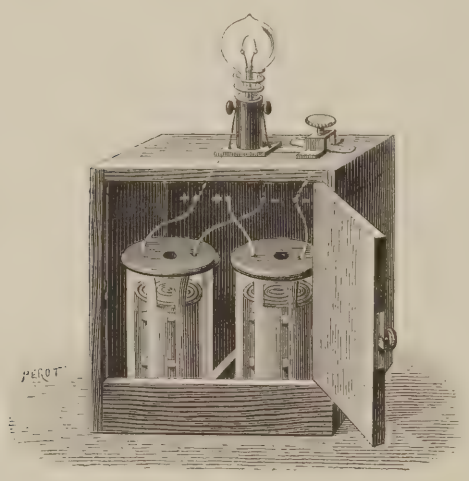


FIG. 2

électrodes et de réduire l'autre à l'état de plomb métallique très divisé, à l'aide de changements de sens successifs du courant primaire et d'intervalles de repos entre ces changements.

Nous écrivions à cette époque (2) : « C'est en somme un dépôt galvanique de peroxyde de plomb qu'il s'agit de produire, aux dépens de la surface du métal qui n'est pas pénétrable, dépôt le plus épais possible pour *accumuler*, sous cette forme, le travail de la pile, et en même temps assez adhérent à la surface de la lame pour pouvoir subir, sans se détacher, une série de réductions et de réoxydations successives. Cette considération nous a conduit à essayer de produire le peroxyde de plomb sur les lames, aux dépens du liquide, afin de pouvoir en accumuler une plus forte épaisseur, et pour cela, de former ce liquide d'un sel de plomb plus ou moins étendu. Mais avec des solutions acides, le plomb se dépose, sur la lame négative, sous forme d'aiguilles cristallines qui établissent des contacts avec la lame positive, et, si l'on recourt à des solutions alcalines, le plomb se dépose sous une forme spongieuse qui augmente rapidement de volume et présente un inconvénient analogue au précédent. »

Nous avons donc cherché à perfectionner la *formation* par d'autres moyens. Nous avions remarqué que « le séjour prolongé des lames de plomb dans l'eau acidulée, avant l'action du courant primaire, facilitait la *formation* des couples secondaires (1), » — que « leur exposition à l'air, après l'immersion, produisait aussi un bon résultat (2), » — « que l'eau acidulée par l'acide sulfurique qui avait servi dans les couples secondaires, facili-

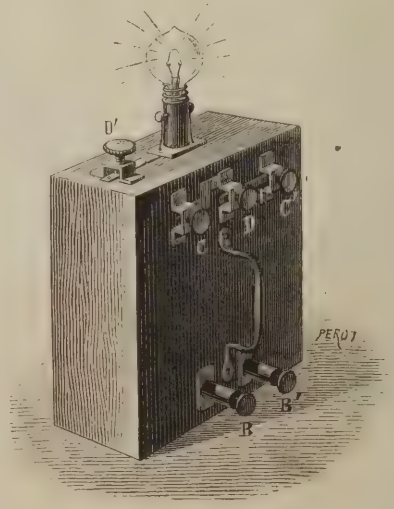


FIG. 3

tait également la *formation* des couples neufs, comparativement avec l'eau acidulée qui n'avait pas subi la même épreuve (3), » et nous avions fait usage de ces divers moyens chimiques pour accélérer cette opération. Nous y sommes parvenu (4) d'une manière plus complète, en traitant simplement les lames de plomb, avant l'action du courant primaire, par l'acide nitrique étendu de deux fois environ son volume d'eau.

L'immersion du métal dans l'acide peut être prolongée, pendant plusieurs jours, non seulement sans inconvénients, mais avec avantage, si le volume de liquide qui entoure les lames n'est pas trop grand, afin de ne pas dissoudre une trop

(1) *Comptes rendus*. 26 février 1872. t. LXXIV, p. 592.
(2) *Les Mondes*, mars 1872, t. XXVII, p. 471.

(1) *Les Mondes*, 28 août 1873, t. XXXI, p. 743.
(2) *Id.*
(3) *Id.*
(4) *Comptes rendus*, août 1882, t. XCV, p. 418. — *La Lumière Electrique*, 30 septembre 1882, p. 332.

forte proportion de plomb. Les lames sont pénétrées de plus en plus profondément, alors même que l'acide semble devoir être entièment saturé, et par suite, la pénétration ultérieure de l'action électrolytique est plus complète.

Après le traitement par l'acide nitrique, il est essentiel de laver, d'une manière parfaite, les lames de plomb. La pénétration du métal par l'acide est si profonde que l'eau ordinaire qui devient laiteuse, sous l'action de l'azotate de plomb, en raison des sulfates, carbonates et autres sels qu'elle renferme, se trouble encore après avoir été plus de cinquante fois renouvelée, les lames de plomb n'abandonnant que très difficilement les dernières traces d'azotate restées emprisonnées dans leurs pores.

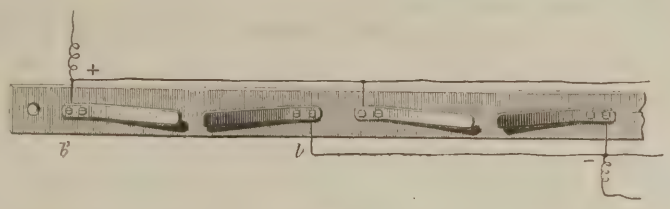


FIG. 4

L'immersion dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique des lames déjà lavées, et enroulées ou assemblées par paires, détermine ensuite une nouvelle précipitation de sulfate de plomb. Il n'y a pas avantage à laisser ce sel adhérent à la surface ou

FIG. 5

à l'intérieur des lames; car cette adhérence n'est qu'imparfaite, le sel ne faisant pas corps avec le métal comme le peroxyde de plomb lui-même. Le sulfate de plomb ne se réduit ou ne se transforme en peroxyde, sous une action électrolytique, même énergique, qu'avec une extrême lenteur, par suite de son insolubilité, de sa faible conductibilité, et de l'imperfection du contact électrique avec les électrodes.

De nouveaux lavages sont donc nécessaires; après l'immersion dans l'eau acidulée, pour débarrasser les lames du sel qui peut recouvrir leur surface ou en obstruer les pores.

Nous avons, du reste, observé la production de ce sulfate de plomb dans les couples secondaires eux-mêmes, après l'action de l'électrolyse, depuis longues années [1]. « La partie la plus superficielle des dépôts d'oxyde, de métal réduit ou de sel formés autour des électrodes, » écrivions-nous en 1872, « est formée d'un mélange de protoxyde et de *sulfate de plomb* qui reste adhérent ou tombe peu à peu au fond du vase. Car, à la suite d'un long usage des couples secondaires, on trouve, à la partie inférieure du liquide, une poudre ou des pellicules précipitées, formées de peroxyde et de *sulfate de plomb*. La présence du sulfate de plomb, produit au contact de l'eau acidulée, n'empêche point, par suite de la nature *peu agrégée* du dépôt qu'il forme, les actions oxydantes ou réductrices de se passer au-dessous de sa surface... »

Nous ajouterons que, sur les points où ce sel adhère accidentellement d'une manière suffisante pour subir l'action électrolytique, il peut sans doute se réduire ou se suroxyder; mais, le peroxyde et le métal réduit ainsi obtenus se détachent à la longue, tandis que le peroxyde produit aux dépens du métal lui-même, et le plomb provenant de sa réduction, font corps avec les lames et contribuent toujours au développement du courant secondaire.

Une fois que les lames ont été ainsi préparées, les couples sont soumis à l'action d'un courant primaire d'une force électromotrice de 3 ou 4 volts, jusqu'à l'apparition, sur la lame positive, de la couleur brune propre au peroxyde de plomb, ce qui exige d'autant plus de temps que les lames ont été plus profondément attaquées par l'acide nitrique; car avec des lames de plomb neuves, cette coloration apparaît presque immédiatement, et la peroxydation n'est que tout à fait superficielle. On décharge alors le couple, puis on change le sens du courant, et on obtient, dès le premier jour d'action de la source primaire, au bout de quelques heures, des décharges de longue durée qui auraient exigé plusieurs mois de préparation des couples, sans le traitement préalable par l'acide nitrique.

Quand la lame positive des couples est bien peroxydée dans le dernier sens où on a fait passer le

(1) *Les Mondes*, 1872, t. LXXIV, p. 470. Dans ces derniers temps, MM. Gladstone et Tribe en ont fait l'objet d'intéressantes observations en étudiant attentivement les réactions chimiques produites dans les couples secondaires.

courant, et la lame négative bien réduite, on laisse le couple au repos pendant quelques jours, pour que le peroxyde et le plomb réduit commencent à prendre une agrégation cristalline qui est une preuve de leur adhérence aux lames, et on reprend ensuite le couple par un courant en sens inverse du précédent, mais plus faible afin de ne pas détacher les dépôts déjà effectués.

Toutefois quand les couples sont jugés suffisamment *formés*, et qu'on les recharge toujours dans le même sens, l'emploi d'un courant trop fort ne présente aucun inconvénient. Nous avons encore, dans notre laboratoire, des couples dont le plomb, d'un demi-millimètre d'épaisseur seulement, a servi depuis 1860, et dont les lames partiellement transformées en peroxyde de plomb d'une part, en plomb réduit de l'autre, peuvent être chargées dans le même sens par de forts courants, sans être désagrégées, et fournir des décharges d'une durée d'autant plus grande que ces couples ont vieilli depuis plus longtemps.

Si on démonte des couples secondaires bien *formés* pour les examiner, on reconnaît que les lames positives, transformées sur une certaine partie de leur épaisseur en plomb peroxydé, font entendre, quand on les ploie, un bruit analogue à celui de l'étain.

D'autre part, la pénétration de l'action électrolytique est si complète, et modifie si profondément la constitution moléculaire du métal, suivant le sens dans lequel elle s'exerce, que des lames fortement peroxydées au point d'être devenues très cassantes et dont la couleur a passé au brun foncé, non seulement reprennent la couleur gris mat qui caractérise le plomb, sous l'influence du passage du courant dans un sens inverse de celui qui les avait oxydées, mais redeviennent en outre parfaitement souples et malléables.

Ces opérations de la *formation* des couples secondaires peuvent paraître difficiles et minutieuses; elles n'offrent cependant pas plus de difficultés que celles qui sont nécessaires pour obtenir de bons dépôts métalliques dans la galvanoplastie, la dorure, l'argenture, le nickelage, etc.

En suivant les indications que nous avons données, on peut parvenir à transformer une portion notable de l'épaisseur des lames en peroxyde et en plomb réduit. Dans ce cas, la quantité de travail chimique emmagasiné par un poids donné de plomb peut être assez grande pour permettre de tirer un parti utile de ces appareils dans l'industrie.

GASTON PLANTÉ.

L'ÉCLAIRAGE DU PARC MONCEAU

AVEC DES BOUGIES JABLOCHKOFF

Dans sa séance du 20 novembre dernier, le Conseil municipal de Paris, sur la proposition du préfet de la Seine, a autorisé la continuation pendant une année, à partir du 1er décembre 1883, de l'éclairage électrique actuel du parc Monceau. Les Parisiens, et surtout ceux qui habitent tout le quartier compris entre l'avenue de Villiers et l'avenue des Ternes, ont accueilli avec faveur cette détermination. Depuis un an, en effet, que les bougies Jablochkoff ont fait leur apparition dans le parc, le jardin le plus coquet et le plus gracieux de la capitale reste ouvert une grande partie de la nuit, offrant un retour pittoresque et rapide pour les habitants de la plaine Monceau que leurs affaires ou leurs plaisirs retiennent dans le centre jusqu'à une heure avancée. En outre, les électriciens ne pourront qu'applaudir au succès de cette application judicieuse qui répond en cette circonstance à un besoin réel que seule elle pouvait satisfaire, et qu'elle satisfait en effet, depuis la fin de l'année 1882. A cette époque, la Société générale vendit à la ville pour une somme de 25,000 francs environ, tout le matériel nécessaire, y compris l'installation des machines et des bougies ainsi que la pose des câbles. Le service de l'éclairage resta seul chargé de l'exploitation.

Bien qu'il eût été d'abord question de placer 16 foyers, 12 bougies seulement furent mises en service, et ce nombre n'a pas été augmenté depuis. Cependant quelques modifications furent apportées dans la répartition de la lumière. Primitivement, trois candélabres avaient été installés en dehors du parc, sur le boulevard de Courcelles, mais comme leur utilisation en ce point était mauvaise vu qu'elle était nulle pour le Parc, sans que le boulevard lui-même en profitât réellement, les douze bougies furent reportées dans le jardin, et distribuées comme elles le sont encore aujourd'hui. Elles sont montées par séries de trois sur quatre lignes qu'alimentent deux machines Gramme auto-excitatrices; chacune d'elles servant deux de ces circuits.

La force motrice est fournie par une machine demi-fixe, Hermann Lachapelle, d'une force de 12 chevaux et qui a été installée, ainsi que les deux dynamos dans un caveau pratiqué dans le parc même près de la grille du boulevard. Là, la vitesse de rotation n'est que 1,200 tours par minute, et le travail dépensé n'est que de 12 chevaux-vapeur, soit un cheval par bougie, ce qui est un chiffre normal, bien qu'en théorie il puisse être réduit d'un dixième. Quant aux résultats, ils sont très satisfaisants; et la marche des appareils, leur régu-

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DU PARC MONCEAU

larité ne laissent rien à désirer. La première année cependant, les extinctions étaient assez fréquentes, le coulage des bougies se renouvelait souvent, mais il est probable que ces accidents étaient en partie dus à l'humidité du caveau des machines où les bougies étaient emmagasinées; et dès que leur dépôt fut reporté dans le pavillon central, les extinctions devinrent de plus en plus rares, et le mois dernier, par exemple, une extinction de cinq minutes sur un des circuits est le seul accident qui ait été signalé.

En ce qui concerne le prix de revient de cette installation, les chiffres que publie le *Bulletin municipal* sont intéressants à consulter. En autorisant pendant une année encore l'éclairage du parc Monceau à la lumière électrique, le Conseil municipal a voté une somme de 18,000 francs pour la dépense du dernier mois de l'année 1883 et pour les onze premiers mois de 1884. M. Lion qui, au nom de la Ville, dirige le service des parcs, et à l'obligeance duquel nous devons ces quelques renseignements, avait demandé une somme de 20,000 fr. pour subvenir aux frais de l'année qui commence; mais la municipalité, en réduisant le personnel, fit une économie de 2,000 francs, et la somme accordée ne fut que de 18,000 francs. Cependant, le mois de décembre étant plus chargé que les autres, vu que le parc Monceau reste éclairé près de 10 heures par jour, de 4 heures 1/2 du soir à 2 heures du matin, le crédit de 1,666 fr. 67 c. fut alloué pour ce mois, soit le douzième de 20,000 francs. Pour les onze mois suivants concernant l'exercice de 1884 restèrent seuls alors 16,333 fr. 33 c., qui ne donnent plus que 1,484 fr. 84 c. comme dépense mensuelle.

Ces chiffres sont très acceptables et la comparaison avec le gaz dans ce cas peut être faite avantageusement. En effet, bien qu'une bougie Jablochkoff ait un pouvoir éclairant variant de 30 à 40 carcels mesuré sur l'horizontale, on ne peut compter que 15 carcels pour les rayons frappant le sol dans la zone utilisable, et prenant seul encore ce nombre comme point de départ, le raisonnement peut s'établir ainsi :

Le bec carcel heure avec le gaz coûte à la Ville 0 fr. 025
15 — — coûteraient 0 fr. 375
15 becs carcel répétés 12 fois donneraient 0,375 × 12 = 4 fr. 50

En prenant une durée d'éclairage de 8 heures par jour, la production de 15 + 12 = 180 becs carcel avec le gaz revient à 36 francs par jour, soit 13,140 francs pour une année entière, au lieu de 18,000 francs que coûte l'éclairage électrique. Le gaz semble donc avoir l'avantage; mais il ne faut pas oublier ici certaines considérations qui ne peuvent intervenir en chiffres et qui cependant modifient les résultats. Dans cette comparaison, en effet nous n'avons pas pris comme point de départ, le véritable pouvoir éclairant de la bougie, tandis que pour le gaz nous avons pris le bec carcel comme intensité lumineuse mesuré sur l'horizontale. Il en résulte que le chiffre de 180 carcels est trop faible, et que l'éclairement du parc Monceau avec le gaz d'une pareille puissance serait loin d'être ce qu'il est avec les bougies électriques.

Qu'on supprime le globe en verre dépoli des candélabres, qu'on prenne comme point de comparaison le pouvoir éclairant, dans ces conditions nouvelles, et le prix de 13,140 francs double immédiatement. Le chiffre serait évidemment trop élevé alors, parce que dans la pratique, la diffusion est opérée par un globe opalin, mais néanmoins, il faut en tenir compte quand on juge l'effet général, et l'éclairement total reçu dans toutes les directions.

Comme conclusion, on arrive alors, à des prix de revient égaux qu'il s'agisse des bougies Jablochkoff ou des becs de gaz. Mais ce n'est pas tout, ce prix de 18,000 francs que cette année la ville va dépenser pour l'éclairage du parc Monceau, n'est pas un chiffre absolu, duquel on ne pourra se départir. D'abord, des économies notables peuvent être faites, dans le combustible, et si comme, il est probable, les essais tentés en ce moment réussissent, la machine motrice en consommant du charbon de Bethune, abaissera la dépense dans une notable proportion. De plus, pour réaliser pratiquement la même somme d'éclairement avec le gaz, il faudrait un nombre de becs considérable, et les frais de première installation se trouveraient considérablement augmentés.

En résumé, l'avantage reste à l'électricité. Seule elle permet de réaliser l'éclairage pittoresque, que demande un grand jardin comme le parc Monceau; l'effet qu'elle produit est très grand, et la colonnade qui en est un des plus beaux ornements apparaît la nuit avec une grâce et une majesté que le jour ne peut entièrement lui donner. On pourrait cependant accroître le nombre de bougies en service sans que la dépense fût sensiblement augmentée, de manière à jeter encore plus de lumière dans ce vaste espace. Sur les 12 foyers, en effet, six assurent le service de la grande allée transversale de l'avenue de Messine au boulevard de Courcelles, et il en résulte que trois bougies de chaque côté ne sont peut-être pas tout à fait suffisantes.

Cependant, telle qu'elle est, cette installation assure la surveillance d'une manière complète, elle ouvre la nuit une voie fermée jadis dès les premières heures de la soirée, et il y a tout lieu de croire que le gaz est à jamais banni du parc Monceau.

P. Clémenceau.

LES

ORAGES DANS LA HAUTE-ITALIE

I

Nous avons indiqué autrefois dans ce journal même (1) comment est organisé en France le service d'observation des orages, et rappelé quelques-uns des principaux résultats auxquels on a déjà été conduit. La publication toute récente d'un important travail concernant un pays voisin, nous engage à revenir avec plus de détails sur cette question, la plus intéressante peut-être de toutes celles que soulève l'étude de l'électricité atmosphérique.

Dans un pays comme la France, l'étude des orages est extrêmement compliquée, car, dès qu'il franchit une petite distance, le météore rencontre les conditions topographiques et climatologiques les plus variées. D'un pays maritime où l'humidité est grande et les variations diurnes de la température toujours assez faibles, il passe sur une région montagneuse où les conditions sont précisément opposées; en quittant un bassin fluvial pour un autre, il rencontre des montagnes et des vallées dont l'orientation est toute différente, et ainsi de suite. Il y a donc toujours lieu de craindre que les phénomènes ne se ressentent de cette complication, et que les déductions ne perdent ainsi beaucoup de leur généralité, de sorte que c'est évidemment une bonne fortune que de rencontrer des études sur les orages faites dans un pays où les conditions extérieures présentent une grande uniformité. En publiant pour la première fois en un travail d'ensemble les observations recueillies dans la Haute-Italie sur les orages et la discussion de ces observations, le bureau central météorologique d'Italie vient donc de faire une œuvre réellement utile à tous égards; c'est cette publication dont nous nous proposons de rendre compte.

Les observations des orages en Italie, centralisées d'abord à Milan par M. Schiaparelli, ont passé en 1880 dans les attributions du bureau central météorologique de Rome, dirigé par M. Tacchini. Le service des orages a été confié spécialement à M. C. Ferrari qui vient de publier, dans les Annales de la Météorologie italienne pour 1881, une étude sur les observations recueillies en 1880. C'est à ce travail, le plus complet qui ait été certainement publié jusqu'à ce jour dans quelque pays que ce soit, que nous empruntons les détails qui suivent. Pour la première année, les observations n'ont été faites régulièrement dans un nombre suffisant de stations que dans la vallée du Pô; c'est à cette région que nous nous restreindrons; elle présente du reste, pour l'étude qui nous occupe, les conditions les plus favorables.

On sait que la vallée du Pô forme une grande plaine basse ayant la forme d'un rectangle orienté de l'est à l'ouest, et dont la longueur, de Turin à l'Adriatique, est de 375 kilomètres, tandis que la hauteur est de 100 kilomètres environ, de la base des Alpes à celle des Apennins. Aucune chaîne de montagnes ni même de collines de quelque importance, ne vient couper cette immense vallée dont le sol s'abaisse progressivement vers l'est, et que les orages peuvent parcourir dans toute sa longueur sans rencontrer ni obstacles ni la moindre différence dans les conditions générales du pays. Indépendamment de cet avantage, elle en offre un autre tout aussi précieux pour l'étude des orages, c'est que le régime météorologique de cette région, grâce à la barrière des Alpes, est absolument soustrait à l'influence de l'Océan; en France, au contraire, on est soumis à la triple influence de la mer du Nord, de l'Atlantique et de la Méditerranée, et bien souvent des troubles atmosphériques provenant d'une de ces mers étendent leurs effets sur tout le pays, et ces différentes actions viennent interférer les unes avec les autres, ce qui complique singulièrement les phénomènes. La Haute-Italie, au contraire, présente des conditions exceptionnelles de simplicité pour l'étude des orages.

Les stations qui ont fourni des observations d'orages pour l'année 1880, sont en très grand nombre: on n'en compte pas moins de 570 pour toute l'Italie, dont 532 pour la région qui nous intéresse plus particulièrement, plus 4 stations dans le Trentin ; dans les provinces de Côme et de Milan il y a presque deux stations par myriamètre carré. Chaque observateur note l'heure du commencement et de la fin de l'orage, sa direction, l'intensité de la pluie et de la grêle et toutes les particularités qui lui ont paru dignes de remarque, détails sur les coups de foudre, évaluation des dégâts, etc. Tous les documents ainsi recueillis ont été publiés *in extenso*, ce qui n'avait jamais été fait dans aucun pays et ne saurait être trop recommandé à l'avenir.

Nous passerons d'abord en revue les résultats de l'étude statistique des orages, puis nous examinerons les lois générales de la propagation de ces météores et les relations qu'ils présentent avec les autres phénomènes météorologiques. Pour faciliter l'énoncé des lois que l'étude statistique des orages met en évidence, nous diviserons le bassin du Pô en trois régions : la région occidentale, constituée par le Piémont; la région centrale, comprenant la Lombardie et l'Emilie occidentale, et la région orientale, qui réunit l'Emilie orientale et la Vénétie.

(1) *La Lumière Electrique* 1881, tome IV, page 49.

II

Un premier résultat qui surprend au premier abord, est la très grande fréquence des manifestations orageuses dans la vallée du Pô. En comprenant dans le relevé non seulement les orages proprement dits, mais encore les éclairs de chaleur et les coups de tonnerre isolés, et en ne citant que les stations où le nombre des manifestations orageuses distinctes dépasse 50, on trouve 53 manifestations orageuses distinctes à Schio (Vicence); 55 à Costozza (Vicence); 56 à Crespino (Rovigo); 58 à Modène; 60 à Venise; 63 à Rovigo; 64 à Pesaro; 68 à Valli dei Signori (Vicence); 85 à Milan; 86 à Alexandrie, et 89 à Parme. La répartition géographique de ces villes ne présente aucune loi et il faut attribuer ces nombres élevés non réellement à une plus grande fréquence des phénomènes électriques dans ces localités, mais simplement à l'attention avec laquelle les observations y ont été faites. C'est ainsi que des onze stations signalées plus haut, trois appartiennent à la seule province de Vicence, où l'observation des orages a été organisée et est surveillée avec le plus grand soin par le comte A. da Schio. En comparant ces nombres élevés avec ceux des autres stations, on arrive à cette conviction que, non seulement en Italie, mais dans tous les autres pays, les observateurs ordinaires laissent échapper sans les noter près de la moitié des manifestations électriques.

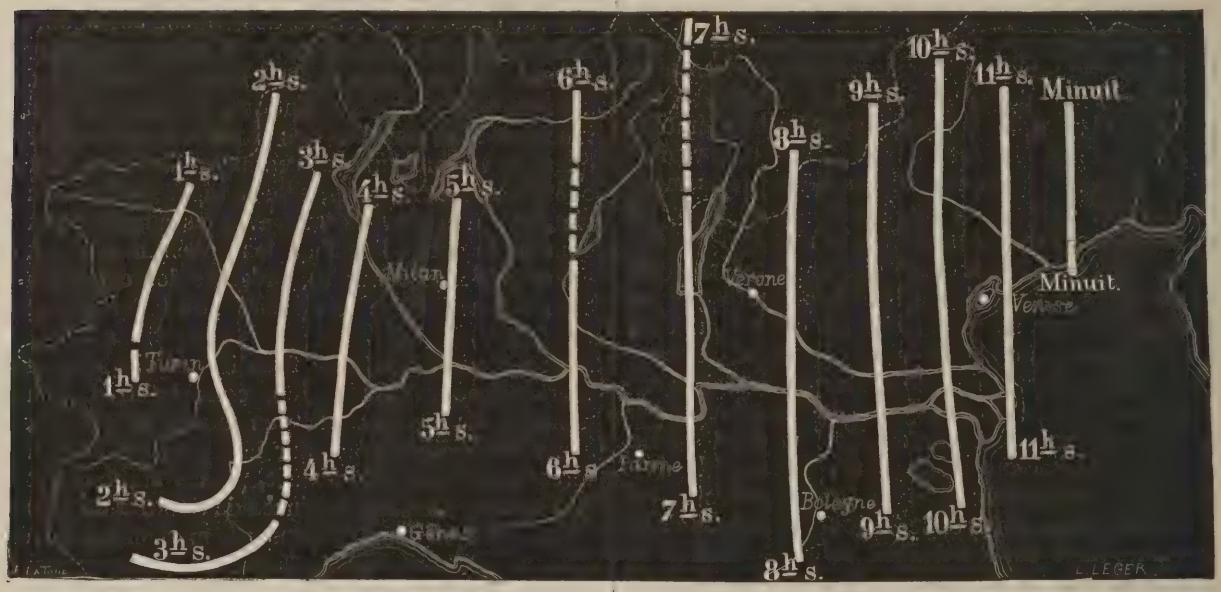


FIG. 1. — ORAGE DU 29 MAI 1880.

Les premiers phénomènes orageux notés l'ont été à la date du 23 février, et les derniers à celle du 31 décembre 1880; ces phénomènes se sont manifestés 3 jours en février, 5 en mars, 23 en avril, 28 en mai, 25 en juin, 28 en juillet, 29 en août, 14 en septembre, 11 en octobre, 8 en novembre et 6 en décembre, ce qui fait, pour l'année entière, un total de 180 journées orageuses, pour lesquelles on n'a pas recueilli moins de 6,748 bulletins d'observation.

Pour une discussion approfondie, il convient de séparer les orages proprement dits des autres phénomènes, tels qu'orages lointains, orages très faibles sans pluie, coups de tonnerre isolés, éclairs de chaleur, etc. C'est ce que nous ferons par la suite, et tout ce que nous dirons s'appliquera exclusivement aux vrais orages.

Parmi les 180 journées orageuses que nous avons signalées plus haut, M. Ferrari a considéré seulement celles qui sont comprises du 30 avril au 17 septembre, en y ajoutant le 8 et le 12 octobre où des orages bien nets ont été observés. Avant le 30 avril ou après le 17 septembre (sauf l'exception des 8 et 12 octobre), les orages, faibles ou peu étendus, n'ont pas donné lieu à un nombre d'observations suffisant pour permettre une discussion sérieuse; pratiquement, on voit que tous les orages dignes d'être notés se sont produits dans la Haute-Italie pendant la saison chaude.

La période qui s'étend du 30 avril au 17 septembre comprend 141 journées orageuses, dans lesquelles on a noté 360 orages distincts, dont 139 petits orages locaux; sur ces orages, 6 ont été observés le 30 avril, 67 en mai, 104 en juin, 57 en juillet, 96 en août et 30 du 1er au 17 septembre. Il y a donc deux maxima en juin et août, séparés par

une diminution notable de la fréquence des orages en juillet, diminution qui s'accorde avec la distribution des pluies dans la Haute-Italie.

Dans une même journée, on signale souvent plusieurs orages distincts soit dans la même région, soit dans des régions différentes ; c'est ainsi qu'il y a eu 10 orages distincts le 6 mai et le 12 juin, et 14 orages le 16 août.

Un autre renseignement important est le nombre d'orages proprement dits qui peuvent être observés dans une même localité. La fréquence de ces orages dans chaque mois et dans chacune des trois régions que nous avons considérées plus haut est exprimée par les nombres suivants :

	Occident	Centre	Orient	Moyenne
	—	—	—	—
Avril	1,3	2,1	2,2	2,1
Mai	3 1	3 7	4,9	4,1
Juin	4,8	3,7	7,1	5,3
Juillet	4,2	3,9	4,5	4,2
Août	5,3	5,4	6,3	5,7
Septembre	3,5	3,2	2,7	3,1
Octobre	1,0	0,9	0,9	0,9
Année	23,2	22,9	28,6	25,4

La plus grande fréquence dans la région orientale de la vallée du Pô paraît tenir seulement à une vigilance plus grande de la part des observateurs. On voit qu'en moyenne, dans la Haute-Italie, on a observé dans chaque station 25 ou 26 orages proprement dits en 1880. Les parties montagneuses et les plaines n'ont du reste présenté sous ce rapport aucune différence appréciable.

Des calculs statistiques analogues ont montré que, sur 100 orages, 11 ont éclaté de minuit à 6 h. du matin, 11 de 6 h. du matin à midi, 43 de midi à 6 h. du soir et 35 de 6 h. du soir à minuit ; si l'on avait tenu compte dans ces chiffres des manifestations électriques de moindre importance que nous avons négligées. le maximum de la journée aurait été bien plus marqué encore, car ces manifestations se produisent presque exclusivement dans l'après-midi. Les conditions topographiques ne paraissent pas avoir d'influence sur cette distribution horaire des orages, mais il n'en est pas de même des saisons : le maximum de l'après-midi est beaucoup plus marqué en été et surtout au printemps qu'en automne ; à mesure que la saison avance, la proportion d'orages qui éclatent dans la matinée va en augmentant, et les nombres qui correspondent aux deux périodes de midi à 6 h. du soir et de 6 h. du soir à minuit deviennent presque égaux.

En classant les orages d'après la direction d'où ils viennent et celle où ils disparaissent, on trouve que, dans la vallée du Pô, presque tous les orages viennent de l'Ouest et disparaissent dans la direction opposée. Dans toute la série des orages étudiés par M. C. Ferrari, un seul s'est dirigé nettement de l'Est à l'Ouest.

Pour déterminer ce qui a trait aux données statistiques, disons encore que, sur 100 orages, on a observé 16 fois de la grêle, dont 1 fois seulement avec des dégâts notables ; pour 100 orages il n'y a eu de même que 4 chutes de foudre, dont 3 n'ont causé aucun dommage ; enfin 9 fois sur 100 l'orage a été accompagné d'un coup de vent violent.

III

Après ces études statistiques, vient l'étude dynamique des orages, dans laquelle on considère chaque orage en particulier, dans ses différentes phases, et où l'on cherche à découvrir les relations de ce phénomène avec les autres phénomènes physiques ; cette étude est facilitée par la construc-

FIG. 2. — ORAGE DU 24 JUIN 1880

tion de cartes d'orages sur lesquelles on trace des lignes *isochrones* qui passent par tous les pays où l'orage était à la même heure dans sa phase de plus grande intensité. La succession de ces lignes isochrones représente donc la marche du météore, marche qui est sensiblement perpendiculaire à celle des lignes isochrones. Nous donnons plus loin, dans les fig. 1, 2, 3 et 4, des spécimens de ces cartes d'orages, dont l'auteur, dans le travail qui nous occupe, n'a pas publié moins de 98.

M. Ferrari commence par donner l'historique ou le journal de chaque orage, en y ajoutant l'indication de sa direction, de sa vitesse approximative de propagation, et, quand cela est possible, l'étendue de la surface atteinte par le météore. Dans cette série de notices, relevons quelques détails intéressants :

D'abord une observation de foudre ascendante, phénomène qui a été, comme on sait, assez rarement signalé. Ce cas de foudre ascendante a été observé pendant le second orage du 28 mai, vers 2 heures et demie du soir, à Iggio près de Pellegrino (Parme). L'observateur le décrit en ces termes : « Pendant l'orage quelques personnes qui « travaillaient sur la route communale d'Iggio virent

« la foudre sortir de terre à peu de distance de « leurs pieds ; elle n'atteignit personne, mais « brisa trois chênes dans lesquels se trouvaient « quelques écureuils qui furent tués du coup. En « sortant de terre, la foudre projeta en l'air, la « souche d'un vieil arbre de grandes dimensions, « mais sans produire d'autres dégâts. »

L'orage du 4 juin qui traversa les provinces de Sienne, d'Arezzo, de l'Ombrie, d'Ancône et de Pesaro, fut accompagné, dans le territoire de Citta di Castello (Pérouse), par une trombe qui parcourut une bande longue de 30 kilomètres et large de 1 à 3. Le nuage, amenant avec lui une profonde obscurité, détruisit tout sur son passage, enlevant les toits des chaumières, déracinant les arbres, dont l'un avait un tronc de 6 mètres de circonférence. Le passage du turbillon dura en tout cinq minutes; l'orage fut accompagné d'éclairs et d'un mélange de pluie et de grêlons très serrés et de très petites dimensions, qui forma sur le sol une couche de 10 centimètres. Le nombre des chênes abattus dépassa 500.

Pendant le quatrième orage du 24 juin (figure 2), il tomba une grande quantité de grêle qui fut particulièrement désastreuse sur une bande de 135 kil. de long et de 20 kil. de large, s'étendant de Novare au delà de Crémone ; on ramassa des grêlons qui pesaient plus de 200 grammes.

Les conclusions générales que l'on peut déduire de l'étude détaillée de ces orages sont les suivantes :

Les orages importants, ceux qui couvrent une grande étendue de pays, appartiennent à deux types : les uns se propagent sensiblement en ligne

FIG. 3. — ORAGE DU 21 JUILLET 1880.

droite, de manière que les lignes isochrones qui en représentent la marche progressive sont à peu près des droites parallèles; tels sont les orages auxquels se rapportent les figures 1 et 3. Les autres au contraire se propagent en rayonnant autour d'un point : leurs lignes isochrones dessinent sensiblement des arcs de cercle concentriques, comme on le voit sur les figures 2 et 4.

Dans la plupart des orages on remarque des phénomènes de discontinuité remarquables : les lignes isochrones, loin d'avoir toutes la même longueur, dans le cas des orages rectilignes, ou de se terminer aux mêmes rayons extrêmes pour les orages rayonnants, s'allongent et se raccourcissent tour à tour ; il semblerait ainsi que certains pays offrent aux orages des conditions plus favorables, les attirent en quelque sorte, tandis que les autres les repoussent. Quelquefois même les lignes isochrones sont brusquement coupées, puis reprennent à une certaine distance, éprouvant ainsi une solution de continuité qui montre que l'orage a sauté, pour ainsi dire, par-dessus un pays ; on voit une discontinuité semblable sur la courbe de 1^h s. de l'orage du 22 mai (fig. 1) et sur la courbe de 6^h s. de celui du 24 juin (fig. 2); dans l'un et l'autre cas les postes d'observation étaient nombreux dans la région considérée, de façon que l'on peut être sûr de la réalité du phénomène. Il sera intéressant, quand les observations comprendront un certain nombre d'années, de rechercher si cette discontinuité se reproduit un peu au hasard, ou bien si elle se manifeste de préférence sur certaines localités.

Un des exemples de discontinuité les plus remarquables est fourni par l'orage du 22 juillet (fig. 4). A midi l'orage occupait tout un secteur circulaire continu; à 2 heure, il est au contraire divisé en deux parties qui se propagent isolément; l'une descend vers le Sud-Ouest et s'éteint très promptement, sans pouvoir sortir du cul-de-sac

formé par la rencontre des Alpes et des Apennins; l'autre suit le versant Nord-Est des Apennins et le descend jusqu'à Ancône, mais sans se faire aucunement sentir en Toscane. Dans un cas comme dans l'autre, l'orage paraît avoir été tout à fait incapable de franchir les montagnes; il semblerait aussi d'après la carte, que l'orage a été arrêté par la mer, puisque les lignes isochrones ne se prolongent pas sur l'Adriatique; mais cela pourrait tenir uniquement à l'insuffisance des renseignements recueillis, tandis qu'il n'en saurait être de même pour l'influence parfaitement nette des Apennins. Cette influence apparaît de la même manière sur les courbes du 29 mai (fig. 1).

Un grand nombre de mesures effectuées sur les cartes ont montré que la vitesse de propagation des orages dans la vallée du Pô est d'environ 34 kilomètres par heure; cette vitesse va en croissant depuis le Piémont, où elle n'est que de 33 kilomètres, jusque dans la Vénétie où elle dépasse 35 kilomètres; dans la Ligurie et l'Italie centrale, elle atteindrait 37 kilomètres; mais les observations sont encore trop peu nombreuses dans cette région. Cette vitesse varie, du reste avec les saisons et atteint son maximum au mois de juillet; enfin la vitesse semble diminuer au moment où l'orage approche de sa fin.

M. Ferrari a recherché ensuite si quelques rela

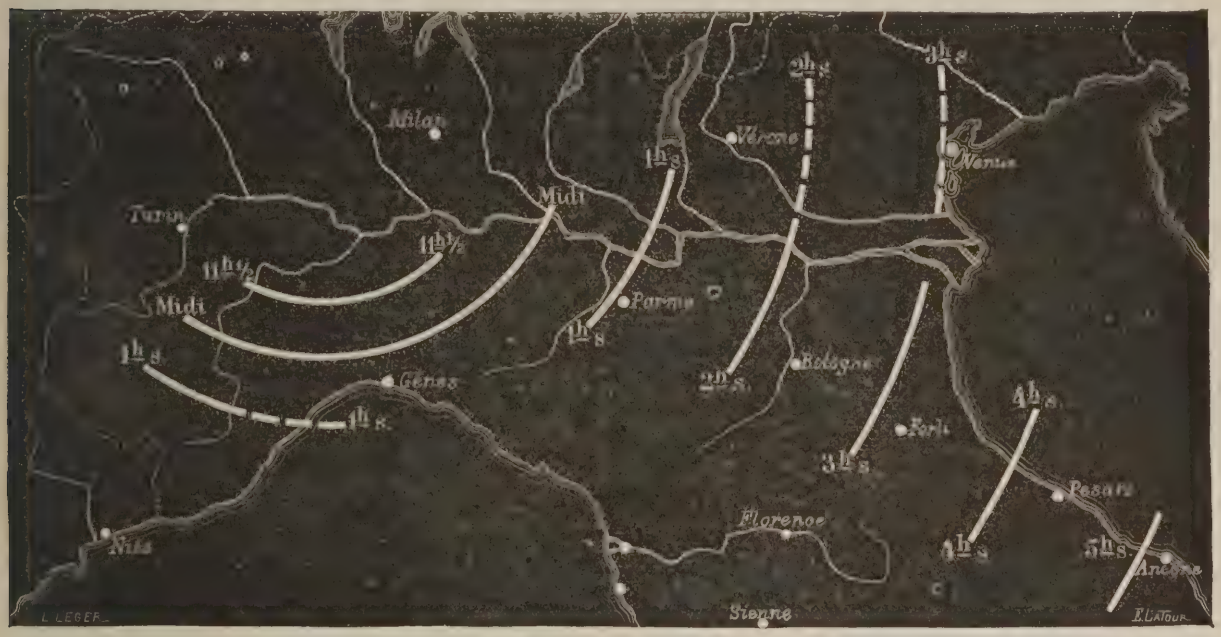


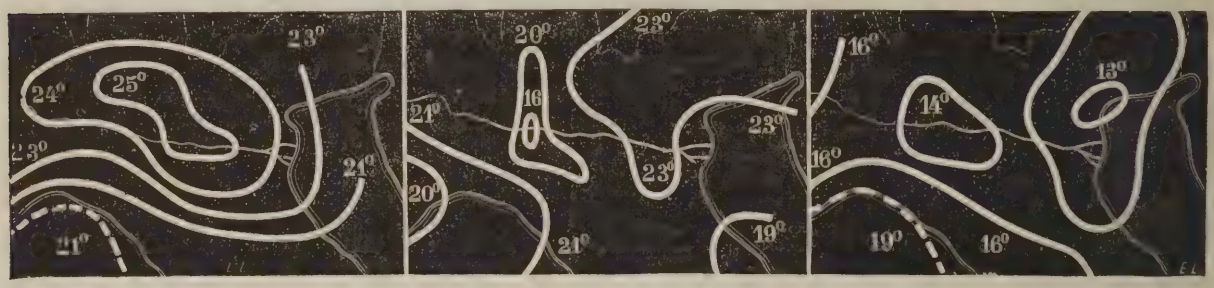
FIG. 4. — ORAGE DU 22 JUILLET 1885

tions existent entre l'apparition des orages et les conditions générales de l'atmosphère en Europe. On sait que, si l'on dresse une carte qui représente à un moment donné la répartition de la pression atmosphérique sur une grande étendue de pays, on remarque des points où le baromètre est plus haut qu'à tous les autres, et autour desquels la pression diminue de tous côtés; ce sont les centres de hautes pressions; au contraire il y a d'autres points où le baromètre est le plus bas et tout autour desquels la pression va en augmentant : ce sont les dépressions ou bourrasques; ces centres de hautes et de basses pressions naissent, se déplacent et disparaissent tour à tour, et c'est principalement de leur importance et de leurs positions respectives ainsi que de leurs déplacements que dépendent le beau temps ou la pluie. Pendant la saison chaude, celle où éclatent presque tous les orages dans la Haute-Italie, les relations entre les différents états du temps et les centres de pression sont, d'après M. Ferrari, les suivantes :

A	*Hautes pressions bien définies et rapprochées.*	Très beau temps.
	Hautes pressions mal définies et éloignées.	Beau temps.
	Hautes pressions éloignées entre le S.-S.-E. et le S.-S.-W. . . .	Quelques phénomènes hydro-électriques.
	Hautes pressions entre le N.-E. et le N.-W. et basses pressions entre S. et E.-S.-E.	Beau temps.
B	*Dépression sur la vallée du Pô.* .	Pluies abondantes et orages.
	Dépression rapprochée.	Pluies abondantes et orages.
	Dépression étendue et peu profonde.	Pluies.

	Dépression entre S. et E.-S.-E.	Plutôt assez beau temps
	Dépression éloignée	Pluies et orages.
	Dépression en forme d'anse sur la vallée du Pô avec l'ouverture entre N.-E. et E.-S.-E.	Beaucoup d'orages.
	Dépression en forme d'anse étendue et peu profonde	Pluies, mais peu d'orages.
C	*Pression uniforme*	Généralement des orages.
	Pression uniforme par suite du voisinage de deux centres de hautes pressions	Toujours des orages.

On voit que les orages se produisent dans certaines situations atmosphériques générales bien déterminées; mais ces situations ne suffisent pas à elles seules, et une autre condition est nécessaire, la température. Si l'on trace la courbe qui représente la marche de la température d'un jour à l'autre, et en dessous celle qui représente la fréquence des orages, on voit que cette dernière s'élève rapidement en même temps que l'autre; en d'autres termes toute période de température élevée est en même temps une période d'orages et les deux phénomènes passent ensemble par leur maximum, de sorte qu'après de forts orages, la température baisse généralement beaucoup. On en voit un exemple dans la figure 5, relative à l'orage du 29 mai (voir fig. 1); les trois petites cartes données ici indiquent la distribution de la température dans la Haute-Italie la veille de l'orage, le jour même et le lendemain. La veille, un maximum de température très net et très élevé (25°) se montre sur la vallée du Pô; au même endroit, au contraire, le jour de l'orage, il se produit un minimum où la température n'est plus que de 16°, et elle descend même au-dessous de 14° le lendemain, ce qui fait une différence de température de plus de 11° entre la veille et le lendemain de l'orage. On pourrait citer bien d'autres exemples analogues; souvent l'abaissement de température qui suit l'orage a été assez grand pour que les vitres des fenêtres se couvrissent de buée, même dans les mois les plus chauds.



Température du 28 mai — Température du 29 mai — Température du 30 mai

FIG. 5. — INFLUENCE DE L'ORAGE DU 29 MAI SUR LA TEMPÉRATURE

Une autre preuve de la relation qui existe entre la température élevée et le développement des orages se retrouve dans ce fait, signalé plus haut, que les orages se produisent de préférence dans la journée au moment le plus chaud, et que c'est même exclusivement à ce moment qu'ils éclatent dans les saisons extrêmes, le printemps et l'automne, où les matinées et les soirées sont froides. De même en hiver, quand une dépression importante verse sur l'Europe des pluies ou de la neige, et amène dans la vallée du Pô de la pluie, et quelquefois, dans l'après-midi, de faibles manifestations électriques, on peut être sûr qu'il éclatera de vrais orages sur la côte de Gênes, où la température est toujours beaucoup plus élevée.

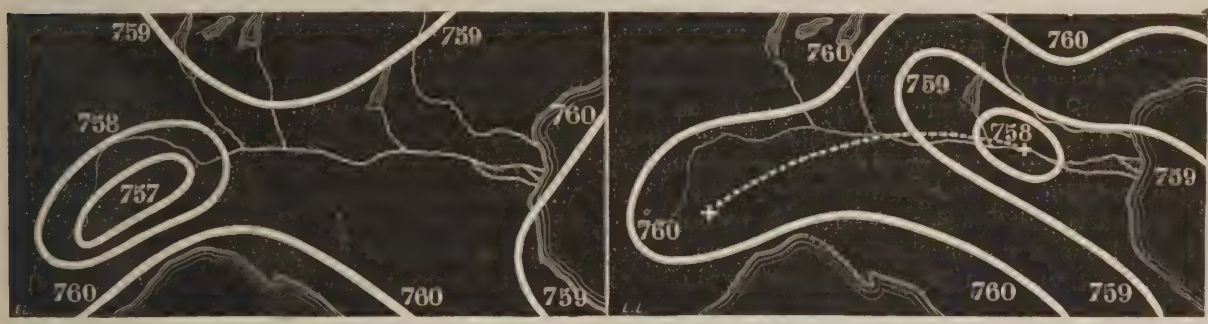
On voit donc, d'après ce qui précède, qu'il y a deux facteurs principaux qui déterminent la production des orages : une certaine répartition de la pression atmosphérique et la chaleur; le premier est un facteur d'ordre général, et indépendant de la localité où éclate l'orage, l'autre est au contraire un facteur plus local; mais tous deux sont indispensables, et l'orage n'est que la résultante de leurs deux actions; là où le second facteur, la chaleur, fait défaut, on a seulement des pluies, mais pas d'orages.

Un phénomène très intéressant, et que les recherches de M. Ferrari ont bien mis en évidence, est l'existence, conjointement avec l'orage, d'une petite dépression barométrique de surface et de profondeur très restreintes, qui naît avec l'orage, se déplace et meurt avec lui. Un exemple de ces dépressions est donné dans la figure 6 relative à l'orage du 21 juillet (voir fig. 4); les deux cartes que nous donnons ici montrent la répartition de la pression atmosphérique sur la Haute-Italie, à 3 h. et 9 heures du soir le jour de l'orage; on y voit une petite dépression dont le centre se trouvait à 3 heures entre Turin et Alexandrie, et à 9 heures, au-dessous de Mantoue. Si l'on compare ces positions avec les courbes isochrones qui donnent d'heure en heure la marche de l'orage, on voit que

l'orage et la dépression ont précisément la même vitesse, et que l'orage suit exactement le centre de la dépression. Pour M. Ferrari, ce serait là un phénomène tout à fait général, et tout orage de grande extension serait accompagné nécessairement d'une petite dépression d'une nature spéciale, dont le centre précèderait la phase maximum de l'orage. Ces petites dépressions que l'auteur qualifie de *dépressions orageuses*, seraient tout à fait distinctes, du reste, des dépressions ordinaires que l'on considère en météorologie, et dont l'étude a une si grande importance pour la prévision du temps; les dépressions orageuses ont des dimensions beaucoup plus restreintes, et d'après ce que nous avons dit plus haut sur les relations des orages et des caractères généraux du temps, on voit que les dépressions orageuses prennent naissance, soit sur le bord des dépressions orageuses, soit dans la région comprise entre deux centres de hautes pressions.

Cette coexistence des orages et d'une dépression orageuse d'une nature spéciale, coïncidence parfaitement établie dans quelques cas, ne nous paraît cependant pas aussi générale qu'à l'auteur; elle est possible, mais la démonstration ne saurait jusqu'ici être considérée comme complète.

L'auteur examine encore en terminant son travail deux problèmes : celui des éclairs de chaleur, et celui de la grêle. On sait que c'est une question bien longtemps débattue de savoir si les éclairs de chaleur ont une existence propre, ou ne sont que le reflet d'orages lointains qui éclatent au-dessous de l'horizon. Dans tous les cas, très nombreux pourtant, qu'ont fourni les observations de la Haute-Italie en 1880, il n'y en a pas un seul pour



Carte de la pression à 3 h. du soir — Carte de la pression à 9 h. du soir

FIG. 6. — DÉPRESSION BAROMÉTRIQUE ACCOMPAGNANT L'ORAGE DU 21 JUILLET

lequel on ne puisse dire, sinon avec une certitude absolue, du moins avec la plus grande probabilité, qu'il y avait toujours un orage réel à une certaine distance du lieu où étaient observés les éclairs de chaleur; dans la presque totalité des cas, on a constaté un orage à une distance de 50 ou 100 kilomètres ou même davantage.

Quant à la grêle, M. Ferrari ne peut pas encore donner des conclusions bien nettes. Les orages qui versent le plus de grêle ne semblent différer en rien des autres par aucun caractère. Tantôt les contrées grêlées pendant le même orage sont isolées les unes des autres, de façon que la grêle paraît sauter par-dessus les régions intermédiaires; tantôt, au contraire, la grêle frappe de longues bandes continues, disposées parallèlement à l'axe de l'orage.

La seule chose que l'on puisse affirmer pour le moment, c'est que la grêle existe dans tous les orages de la Haute-Italie, excepté dans la saison froide.

Dans les autres saisons, abondante ou rare, la grêle ne fait jamais complètement défaut dans aucun orage.

Tels sont les principaux résultats obtenus par M. C. Ferrari dans la remarquable étude qu'il vient de publier sur les orages observés dans la Haute-Italie en 1880, étude que nous espérons voir bientôt s'étendre successivement aux années suivantes.

On notera que l'auteur s'est borné pour le moment, et avec beaucoup de raison, selon nous, à mettre bien en évidence un certain nombre de faits, mais sans chercher encore à les relier par une théorie générale.

Cette théorie serait en effet prématurée et, avant de pouvoir l'édifier sur des bases assez solides, il est indispensable que les résultats obtenus dans une première année d'observations aient été précisés et confirmés par un plus grand nombre d'exemples ou dans des conditions plus variées.

ALFRED ANGOT.

LES

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

A LA NAVIGATION AÉRIENNE

L'aérostat électrique à hélice, de MM. Albert et Gaston Tissandier.

Dès les débuts de l'aéronautique, à la fin même du siècle dernier, on a songé à construire des aérostats de forme allongée, munis de propulseurs qui devaient donner au navire aérien la faculté de fendre l'air, comme un bateau sous-marin peut fendre l'eau à courant contraire. Si l'idée est venue à l'esprit des inventeurs, les moyens de l'exécuter faisaient absolument défaut, et il y aurait injustice à se moquer des premiers essais d'une science en enfance, et à tourner en dérision par exemple la godille et les rames aériennes expérimentées en 1784 par les frères Robert et le duc de Chartres; les expérimentateurs ne pouvaient faire autre chose que ce qu'ils ont fait, n'ayant à disposer comme force motrice que du moteur humain, absolument insuffisant. La machine à vapeur n'existait pas encore à l'état d'engin pratique, et l'hélice que l'on peut appeler le propulseur par excellence, était inconnue.

Quand la création des chemins de fer eut vulgarisé l'emploi des machines à vapeur, un jeune mécanicien, que son génie devait plus tard élever au rang des plus grands inventeurs, notre regretté maître et ami Henri Giffard, construisit en 1852 le premier navire aérien à vapeur. Son aérostat allongé était actionné par une hélice à deux palettes planes, qu'une petite machine très légère, à grande pression, avec chaudière à flamme renversée mettait en mouvement. Le jeune inventeur s'éleva seul, dans son navire aérien à vapeur, et aux yeux de nombreux spectateurs, il se dévia pour la première fois de la ligne du vent. Cette magnifique expérience a été renouvelée par M. Dupuy de Lôme qui, en 1872, construisit son grand aérostat à hélice gonflé d'hydrogène pur et actionné par un propulseur de 6 mètres de diamètre que sept hommes mettaient en mouvement dans la nacelle.

Pourquoi M. Dupuy de Lôme, le constructeur des premiers navires cuirassés, dont la machine à vapeur est l'organe essentiel, a-t-il après Giffard banni la vapeur d'un aérostat allongé? Parce qu'il a redouté, non sans motifs sérieux, l'association de ces deux appareils : la chaudière qui exige du feu et le ballon qui est rempli d'un gaz essentiellement inflammable. En outre, le moteur à vapeur, n'est pas un système à poids constant; en brûlant, le combustible qui lui donne l'énergie se transforme en produits gazeux qui se dégagent et se dispersent dans l'atmosphère; la vapeur d'eau se volatilise, l'appareil en fonctionnant diminue constamment de poids. Or l'aérostat quand il est bien équilibré dans l'air, s'élève facilement par les plus petites pertes de poids, et pour compenser l'ascension, due à la consommation du combustible, il faudrait laisser échapper du gaz, c'est-à-dire réduire la durée du séjour dans l'atmosphère.

Danger du feu, perte de poids, tels sont les inconvénients de la machine à vapeur au point de vue de la navigation aérienne.

L'aérostation exige un moteur léger qui fonctionne sans feu, et qui travaille à poids constant.

Les moteurs dynamo-électriques réalisent admirablement ces conditions multiples; aussitôt qu'ils ont paru dans le domaine de la pratique, élevé à l'école de Giffard, j'ai songé à continuer l'œuvre du maître et à appliquer l'électricité à la propulsion d'aérostats allongés.

J'ai commencé à étudier le problème en petit en 1881, et j'ai construit pour l'Exposition d'électricité un modèle d'aérostat allongé muni d'un minuscule moteur dynamo-électrique construit tout exprès et avec art par M. G. Trouvé. Ce petit moteur pesait 220 grammes; il actionnait par l'intermédiaire d'une transmission, une hélice à palettes de soie de $0^{m}40$ de diamètre. Le générateur d'électricité, était formé de deux ou trois couples secondaires que mon cher et savant ami Gaston Planté, m'avait confiés. Ces petites piles secondaires ne pesaient que 500 grammes chacune. Pendant l'exposition d'électricité, le ballon fonctionnait attaché à un manège et gonflé d'air. Mais pour le jour de l'inauguration il avait été rempli d'hydrogène, et sa force ascensionnelle avait été calculée de telle sorte qu'il pût enlever son moteur et sa batterie; sa vitesse de translation dans un air calme, atteignait environ 3 mètres à la seconde, et dans ces conditions, le travail fourni sur l'arbre de l'hélice était de 1 kilogrammètre.

Ces essais faits en petit, étaient encourageants. Ils me décidèrent à entreprendre des expériences en grand dans un ballon monté, essayé à l'air libre et par temps calme.

Mon frère et mon compagnon de voyages aériens, Albert Tissandier, joignit alors ses efforts aux miens, et c'est à frais communs, que nous avons résolu de construire un aérostat électrique capable de nous élever dans l'atmosphère, et devant être expérimenté par temps calme.

Je me suis attaché à la construction d'une batterie de piles au bichromate de potasse, après avoir constaté par plusieurs expériences que ces piles bien combinées, pouvaient remplacer avantageusement les accumulateurs dans le cas présent; je me suis occupé de la confection du moteur dynamo-électrique qui a été exécuté par la maison Siemens, de Paris, et de la construction d'un appareil à gaz hydrogène, à grand

débit. Mon frère de son côté a mis à profit ses connaissances d'architecte pour étudier et construire l'aérostat allongé proprement dit, avec sa housse de suspension et sa nacelle. Nos essais et nos constructions ont été faits pour la plupart dans l'atelier aérostatique que nous avons organisé à Paris-Auteuil [1].

Il me reste maintenant à décrire l'expérience que nous avons exécutée, mon frère et moi, dans le premier aérostat dirigeable électrique. Je n'oublierai pas toutefois que je m'adresse aux lecteurs de *La Lumière Electrique* et j'insisterai surtout sur les détails spéciaux qui sont de nature à les intéresser.

L'aérostat électrique a une forme semblable à celle des ballons de M. Giffard et de M. Dupuy de Lôme ; il a 28 mètres de longueur de pointe en pointe et $9^{m},20$ de diamètre au milieu. Il est muni, à sa partie inférieure, d'un cône d'appendice terminé par une soupape automatique. Le tissu est formé de percaline rendue imperméable par un nouveau vernis d'excellente qualité [1]. Le volume du ballon est de 1060 mètres cubes.

La housse de suspension est formée de rubans cousus à des fuseaux longitudinaux qui les maintiennent dans la position géométrique qu'ils doivent occuper. Les rubans, ainsi disposés, s'appliquent parfaitement sur l'étoffe gonflée et ne forment aucune saillie, comme le feraient les mailles d'un filet (fig. 1 et 2).

La housse de suspension est fixée sur les flancs de l'aérostat, à deux brancards latéraux flexibles, qui en épousent complètement la forme, de pointe en pointe, en passant par l'équateur et empêchent toute déformation du système. Ces brancards

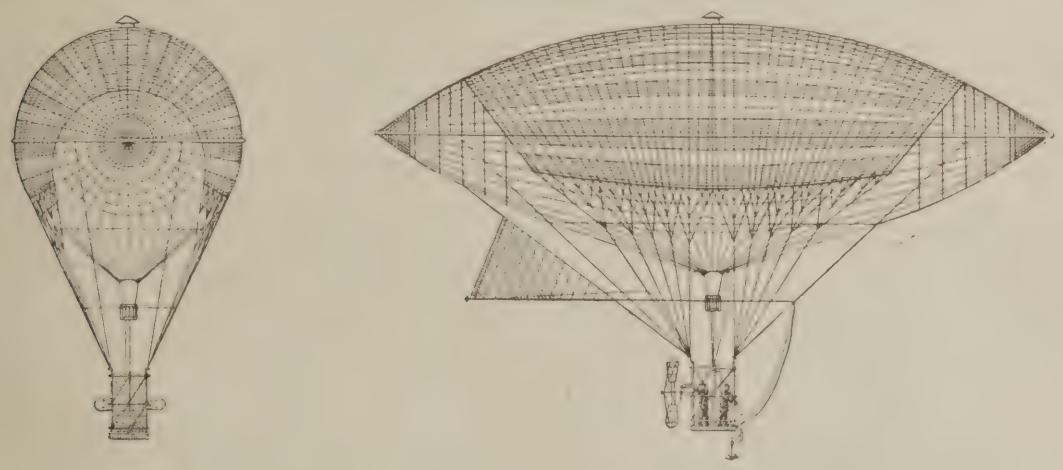


FIG. 1 ET 2. — L'AÉROSTAT DIRIGEABLE ÉLECTRIQUE VU PAR SA POINTE DE L'AVANT ET DE CÔTÉ

sont formés de minces lattes de noyer adaptées à des bambous sciés longitudinalement ; ils sont consolidés par des lanières de soie. A la partie inférieure de la housse, des pattes d'oie se terminent par vingt cordes de suspension qui s'attachent par groupe de cinq aux quatre angles supérieurs de la nacelle.

La nacelle a la forme d'une cage ; elle a été construite à l'aide de bambous assemblés, consolidés par des cordes et des fils de cuivre, recouverts de gutta-percha. La partie inférieure de la nacelle est formée de traverses en bois de noyer qui servent de support à un fond de vannerie d'osier. Les cordes de suspension enveloppent entièrement la nacelle ; elles sont tressées dans la vannerie inférieure et ont été préalablement entourées d'une gaine de caoutchouc, qui, en cas d'accident, les préserverait du contact du liquide acide contenu dans la nacelle pour alimenter les piles.

Les cordes de suspension sont reliées horizontalement entre elles par une couronne de cordage, située à deux mètres au-dessus de la nacelle.

Les engins d'arrêt, pour la descente, guide-rope et corde d'ancre, sont attachés à cette couronne, qui a en outre pour but de répartir également la traction à la descente. Le gouvernail, formé d'une grande surface de soie non vernie, maintenue à sa partie inférieure par un bambou, y est aussi adapté à l'arrière.

Voici les poids des différentes parties de ce matériel :

[1] L'aérostat a été construit sous la direction et sur les plans de M. Albert Tissandier dans les ateliers de M. H. Lachambre, à Vaugirard. — Les expériences relatives à l'électricité et à la construction des piles, ont été exécutées dans l'atelier d'Auteuil. — Mon excellent ami et collaborateur, M. Ed. Hospitalier, m'a apporté dans le cours de ces recherches, le concours de ses connaissances techniques, et je suis heureux de lui adresser ici tous mes remerciements.

[1] Ce produit est préparé par M. Arnoul, fabricant de vernis à Saint-Ouen-l'Aumône.

	kil.		kil.
Aérostat, avec ses soupapes .	170	Engins d'arrêt (ancres et guide-rope)	50
Housse, avec le gouvernail et les cordes de suspension . .	70	Poids du matériel fixe .	704
Brancards flexibles latéraux .	34	Deux voyageurs avec instruments.	150
Nacelle	100	Poids du lest enlevé.	386
Moteur, hélice et piles avec le liquide pour les faire fonctionner pendant 2 h. 30 . .	280	Poids total. . . .	1240

Le moteur dont je vais parler à présent, se compose de trois parties distinctes :

1° D'un propulseur à deux palettes héliçoïdes de $2^m,85$ de diamètre construit sur les plans de M. Victor Tatin;

2° D'une machine dynamo-électrique Siemens, nouveau type réduit à son minimum de poids;

3° D'une batterie de piles électriques légères au bichromate de potasse.

Le propulseur à deux palettes héliçoïdes, est formé d'un moyeu métallique, entièrement creux dans lequel sont fixées deux longues tiges de bois de sapin, bien sec et de bonne qualité. Ces tiges servent de support à des lattes préalablement gauchies suivant épure géométrique; les rebords extérieurs sont en rotin mince, les palettes recouvertes de soie vernie à la gomme laque, sont maintenues à l'état de fixité à l'aide de tendeurs en fil d'acier. Cette hélice, qui a été confectionnée avec beaucoup de soins, ne pèse que 7 kilogrammes.

La machine dynamo-électrique a été construite sur un nouveau modèle par la maison Siemens de Paris, dont le directeur, M. Georges Boistel, ingénieur des arts et manufactures, a bien voulu m'apporter son concours avec la plus gracieuse obligeance.

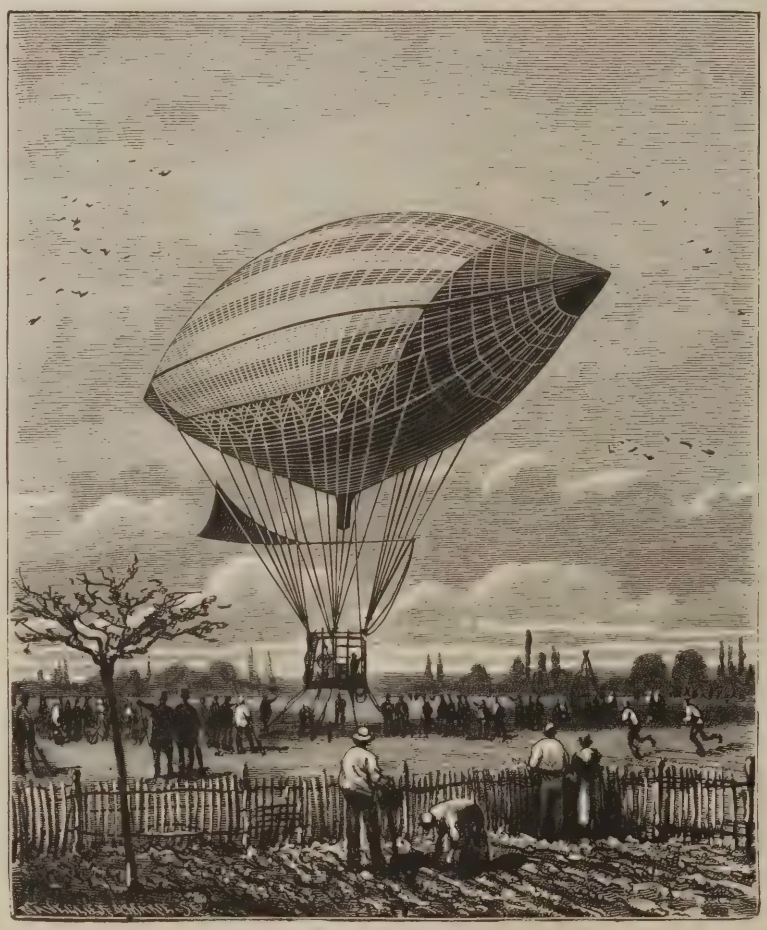


FIG. 3. — L'AÉROSTAT DIRIGEABLE ÉLECTRIQUE AMARRÉ CROISSY-SUR-SEINE LE LENDEMAIN DE L'ATTERRISSAGE

On compte dans cette machine, dont les pièces de montage sont en acier fondu, 56 faisceaux sur la bobine et 4 électros dans le circuit. La bobine est très longue par rapport au diamètre. Les balais maintenus parallèles sont montés à calage variable, Toutes les pièces accessoires ont été réduites à leur minimum de volume et de poids et le mécanisme est monté sur un châssis de bois à jour. L'appareil pèse 55 kilogrammes, et peut fournir un travail effectif de 100 kilogrammètres (1).

La batterie électrique, que l'on peut appeler le générateur de l'aérostat à hélice, est formée de quatre auges d'ébonite à six compartiments formées de 24 couples zinc et charbon.

Chaque compartiment formant un élément de pile, renferme, montés sur des tiges de cuivre plombé, 11 charbons minces (de $0^m,150$ de hauteur sur $0^m,080$ de largeur et $0^m,003$ d'épaisseur) et 10 zincs un peu plus petits placés alternativement les uns à côté des autres. — Les zincs sont tenus à leur partie supérieure dans des pinces flexibles qui permettent de les renouveler facilement après chaque expérience ; ces zincs ont $0^m,0015$ d'épaisseur pour faire fonctionner la pile pendant 3 heures. Ils doivent être parfaitement amalgamés. Chaque compartiment est muni, à sa partie inférieure, d'un mince tube d'ébonite qui

(1) La nouvelle machine Siemens a été essayée dans les ateliers de *Force et Lumière*, avec l'aimable concours de mes amis MM. Hospitalier et Raffard ; on a reconnu qu'elle pouvait fournir un travail effectif de 100 kilogrammètres mesurés au frein.

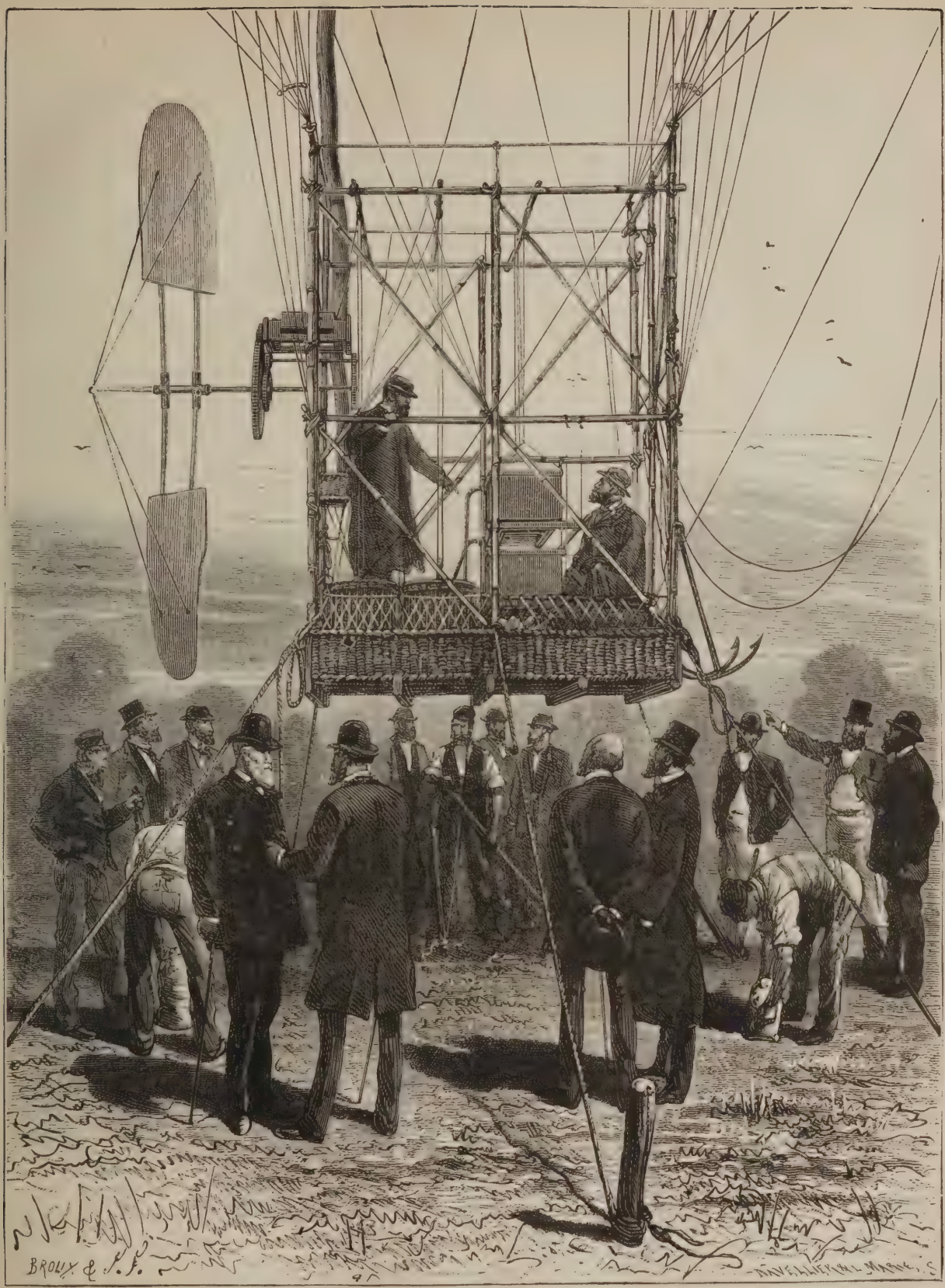


FIG. 4. — LA NACELLE ET LE MOTEUR DE L'AÉROSTAT DIRIGEABLE ÉLECTRIQUE DE MM. ALBERT ET GASTON TISSANDIER
(D'après une photographie de M. Ducom)

communique à un conduit latéral, relié par l'intermédiaire d'un tube de caoutchouc à un grand seau d'ébonite très léger, contenant la solution acide de bichromate de potasse. Quand on lève le seau, à l'aide d'une cordelette passant dans des moufles, au-dessus du niveau de la batterie, celle-ci se remplit par le principe des vases communicants, le liquide agit sur les zincs, le courant passe ; quand on baisse le seau au-dessous, le liquide y rentre par le tube de caoutchouc, la pile se vide, et cesse de fonctionner. On voit que par ce système, les piles communiquent entre elles, mais uniquement par des conduits étroits : la résistance du liquide est assez grande pour que cette communication n'ait aucune influence sur le débit, quoique les éléments soient montés en tension. Dans la nacelle de l'aérostat électrique, il y a 4 batteries semblables, soit 24 éléments montés en tension, alimentés par quatre seaux d'ébonite contenant chacun 30 litres de la dissolution de bichromate de potasse.

La batterie est arrimée dans la nacelle qui a

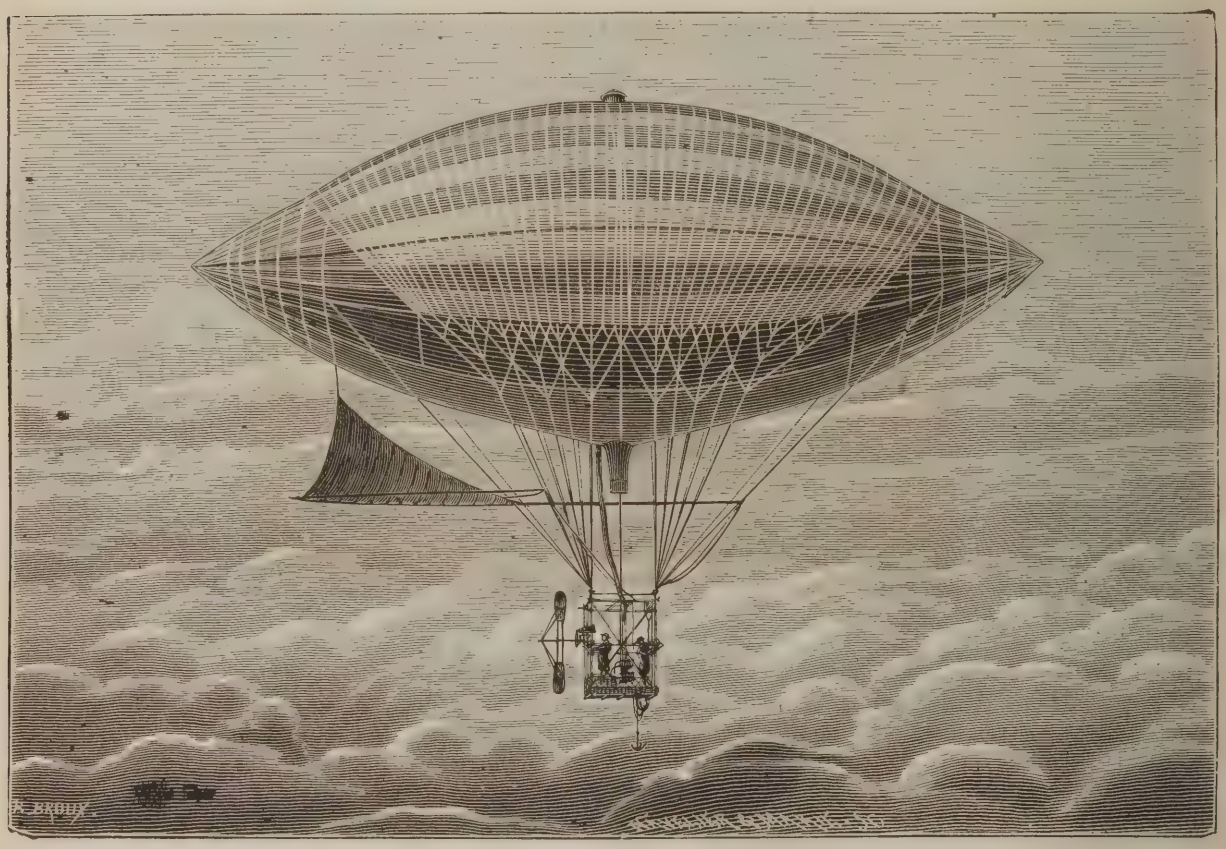


FIG. 5. — L'AÉROSTAT DIRIGEABLE ÉLECTRIQUE DANS L'ATMOSPHÈRE (8 octobre 1883)

$1^m,90$ de longueur et $1^m,45$ de largeur, de manière à occuper le moins de place possible. Deux auges d'ébonite formant 12 éléments sont placés transversalement à 0^m35 du fond de la nacelle, et les deux autres se trouvent fixées à 0^m15 au-dessus; ces auges sont placées sur des traverses de bois et consolidées par des fils tendeurs ; les réservoirs d'ébonite des deux angles postérieurs de la nacelle alimentent les piles du haut, les deux autres réservoirs de la batterie alimentent les piles inférieures. Un espace libre est réservé entre les quatre seaux pour l'opérateur qui peut tout faire fonctionner lui-même, ayant sous la main les cordelettes pour lever les seaux, les crochets pour fixer ces cordelettes à hauteur voulue, le commutateur à godet de mercure pour faire passer le courant, et les cordes du gouvernail de l'aérostat.

La dissolution de bichromate de potasse employée pour faire fonctionner la pile, est très concentrée et très acide ; elle est versée dans les seaux à une température de 35° à 40°.

Depuis la fin de septembre, l'appareil à gaz étant prêt à fonctionner, l'aérostat était étendu sur le terrain, sous une longue tente mobile, afin de pouvoir être gonflé immédiatement, la nacelle et le moteur étaient tout arrimés sous un hangar qui les

contenait; mon frère et moi, nous n'attendions plus que le beau temps pour exécuter notre expérience.

Dès le samedi 6, une hausse barométrique a été signalée; le dimanche 7, le temps s'est mis au beau, avec vent faible, nous avons décidé que l'expérience aurait lieu le lendemain, lundi 8 octobre 1883.

Le gonflement de l'aérostat a commencé à 8 h. du matin et a été continué sans interruption jusqu'à 2 h. 30 de l'après-midi [1]. Cette opération a été facilitée par des cordes équatoriales qui pendaient à droite et à gauche de l'aérostat, et le long desquelles on descendait les sacs de lest. Le navire aérien étant tout à fait gonflé, il a été procédé de suite à l'installation de la nacelle et des réservoirs d'ébonite contenant chacun, comme nous l'avons dit, 30 litres de la dissolution acide de bichromate de potasse. A 3 h. 20 m., après avoir entassé le lest dans la nacelle et après avoir procédé à l'équilibrage, nous nous sommes élevés lentement dans l'atmosphère par un faible vent E. S. E.

A terre, le vent était presque nul, mais comme cela se présente fréquemment, il augmentait de vitesse avec l'altitude et nous avons pu constater par la translation de l'aérostat au-dessus du sol, qu'il atteignait à 500 mètres de hauteur une vitesse de 3 mètres à la seconde.

Mon frère était spécialement occupé à régler le jeu de lest, dans le but de bien maintenir l'aérostat à une altitude constante et peu éloignée de la surface du sol. L'aérostat a très-régulièrement plané à une hauteur de quatre ou cinq cents mètres au-dessus de la terre; il est resté constamment gonflé, et le gaz en excès s'échappait même par la dilatation, en ouvrant, sous sa pression, la soupape automatique inférieure dont le fonctionnement a été très régulier.

Quelques minutes après le départ, j'ai fait fonctionner la batterie de piles au bichromate de potasse. Un commutateur à mercure nous permet de faire fonctionner à volonté six, douze, dix-huit ou vingt-quatre éléments (fig. 6) et d'obtenir ainsi quatre vitesses différentes de l'hélice, variant de soixante à quatre-vingts tours par minute [1]. Avec douze éléments en tension, nous avons constaté que la vitesse propre de l'aérostat dans l'air était insuffisante, mais au-dessus du bois de Boulogne, quand nous avons fait fonctionner notre moteur à grande vitesse, à l'aide des 24 éléments, l'effet produit s'est trouvé être tout différent. La translation de l'aérostat devenait subitement appréciable, et nous sentions un vent frais produit par notre déplacement horizontal. Quand l'aérostat faisait face au vent, alors que sa pointe de l'avant était dirigée vers le clocher de l'église d'Auteuil, voisine de notre point de départ, il tenait tête au courant aérien et restait immobile, ce que nous pouvions constater en prenant sur le sol des points de repère au-dessous de notre nacelle. Malheureusement, il ne restait pas longtemps dans cette position favorable, et quand il avait bien fonctionné pendant quelques instants, il se trouvait soumis, tout à coup, à des mouvements giratoires que le jeu du gouvernail était impuissant à maîtriser complètement. Malgré ces rotations que nous trouverons le moyen d'éviter dans des expériences ultérieures, nous avons recommencé la même manœuvre pendant plus de vingt minutes,

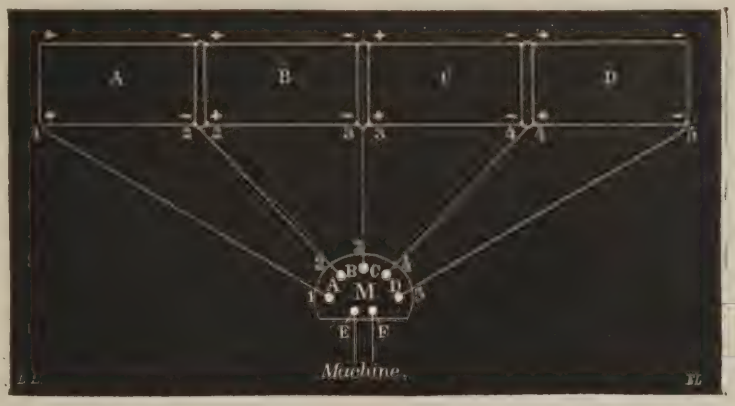


FIG. 6. — SCHEMA DU COMMUTATEUR A GODETS DE MERCURE

[1] L'appareil à gaz que nous avons construit a été décrit dans *La Nature*. Il donne un gaz très pur ayant une force ascensionnelle considérable de 1 180 grammes par mètre cube.

[1] La fig. 6 donne le schema du montage de la batterie et du commutateur à godets de mercure. Les quatre auges de la batterie sont représentées en A B C D en haut de la figure; chaque auge formant six couples, est reliée à la suivante par ses pôles extrêmes, 2, 3, 4. Le commutateur à godets de mercure, confectionné en buis, est représenté au bas de la figure en M. Des fils conducteurs mettent en communication les bornes 1, 2, 3, 4, 5, avec les godets de mercure, figurés en blanc, 1, 2, 3, 4, 5. Les pôles de la machine communiquent avec les godets de mercure E et F. Pour faire passer le courant de six éléments, il suffit à l'aide de deux fourchettes métalliques, de mettre en communication le mercure du godet A et celui du godet E, et en même temps le mercure du godet B avec le mercure du godet F; le circuit se trouve fermé. En déplaçant la deuxième fourchette, de manière à faire plonger successivement l'une de ses branches dans les godets 3, 4, 5, on fait passer le courant de 12, 18 ou 24 couples. Cette disposition permet en outre de se servir indifféremment de l'une quelconque des auges que l'on veut faire fonctionner.

ce qui nous a permis de stationner sensiblement au-dessus du bois de Boulogne.

Quand nous avons essayé de nous déplacer en coupant le vent dans une direction perpendiculaire à la marche du courant aérien, le gouvernail se gonflait comme une voile et les rotations se produisaient avec beaucoup plus d'intensité. Nous estimons, d'après ces faits, que la position que doit occuper un navire aérien, doit être telle que son grand axe ne fasse avec la ligne du vent qu'un angle de quelques degrés.

Après avoir procédé aux expériences que nous venons de décrire, nous avons arrêté le moteur, et l'aérostat a passé au-dessus du Mont-Valérien. Une fois qu'il eut bien pris l'allure du vent, nous avons recommencé à faire tourner l'hélice, en marchant cette fois dans le sens du courant aérien; la vitesse de translation de l'aérostat était accélérée; par l'action du gouvernail nous obtenions facilement alors des déviations à gauche et à droite de la ligne du vent. Nous avons constaté ce fait en prenant comme précédemment des points de repère sur le sol; plusieurs observateurs l'ont, d'ailleurs, vérifié, à la surface du sol. (1)

A 4 h. 35 m., nous avons opéré notre descente dans une grande plaine qui avoisine Croissy-sur-Seine; les manœuvres de l'atterrissage ont été exécutées par mon frère avec un plein succès. Nous avons laissé l'aérostat électrique gonflé tout la nuit et le lendemain, il n'avait pas perdu la moindre quantité de gaz; il était aussi bien gonflé que la veille. Peintres, photographes ont pu prendre l'aspect de notre navire aérien au milieu d'une foule nombreuse et sympathique que la nouveauté du spectacle avait attirée de toutes parts. Quelques-unes des gravures précédentes (fig. 3 et 4) reproduisent très exactement ces photographies dues à un jeune amateur, M. Ducom.

Nous aurions voulu recommencer le jour même une nouvelle ascension; mais le froid de la nuit avait déterminé la cristallisation du bichromate de potasse dans nos réservoirs d'ébonite, et la pile, qui était loin d'être épuisée, se trouvait cependant ainsi hors d'état de fonctionner. Nous avons fait conduire l'aérostat à l'état captif sur le rivage de la Seine près du pont de Croissy, et là, à notre grand regret, nous avons dû procéder au dégonflement, et perdre en quelques instants, ce gaz que nous avions mis tant de soins à préparer.

Nous avons été aidés, dans toutes ces opérations, avec la plus aimable obligeance par la population de la localité et par plusieurs propriétaires des villas voisines.

Sans entrer dans de plus longs détails au sujet de notre retour (1), nous pouvons conclure de cette première expérience :

Que l'électricité fournit à l'aérostat un moteur des plus favorables, et dont le maniement dans la nacelle est d'une incomparable facilité;

Que dans le cas particulier de notre aérostat électrique, quand notre hélice de $2^m,80$ de diamètre tournait avec une vitesse de 180 tours à la minute, avec un travail effectif de 100 kilogrammètres, nous arrivions à tenir tête à un vent de 3 mètres à la seconde et, en descendant le courant à nous dévier de la ligne du vent avec une grande facilité;

Que le mode de suspension d'une nacelle à un aérostat allongé, par des sangles obliques maintenues au moyen de brancards latéraux flexibles, assure une stabilité parfaite au système.

Nous devons ajouter que notre ascension du 8 octobre ne doit être considérée que comme une expérience d'essai préliminaire qui sera renouvelée avec les améliorations que comporte notre matériel. Nous ferons observer surtout que nous avions dans la nacelle un excès considérable de lest et qu'il nous sera facile, dans la suite, d'employer un moteur beaucoup plus puissant.

La navigation aérienne ne sera pas créée en une seule fois; elle nécessite des essais nombreux, des efforts multiples, et une persévérance à toute épreuve.

Les résultats seraient beaucoup plus satisfaisants, si l'on employait un aérostat beaucoup plus grand. Les surfaces ne croissant pas avec les volumes, on aurait avantage à construire des ballons gigantesques qui pourraient être munis de machines très puissantes, et avoir une vitesse propre assez considérable pour remonter des courants aériens de force moyenne, mais les dépenses que nécessiterait un tel matériel ne pourraient être faites que par des Sociétés ou par l'Etat.

Nous avons dû borner notre ambition, mon frère et moi, à nous efforcer avec notre aérostat de 1 000 mètres cubes de donner une démonstration de direction par temps calme, et nous nous félicitons d'avoir été les premiers à associer, même en petit, ces deux puissances de l'avenir : la navigation aérienne et l'électricité.

GASTON TISSANDIER.

(1) Quoique les difficultés d'une première expérience ne nous aient pas laissé le loisir de prévenir de notre ascension toutes les personnes que nous aurions voulu inviter, nous avions à notre départ un grand nombre de spectateurs. Parmi ceux-ci, M. Ch. Tellier nous a affirmé que, de terre, en prenant le sommet d'un arbre comme point de repère, il a vu *par moments*, l'aérostat électrique *remonter le courant aérien* à vent contraire.

(1) Nous dirons ici que notre matériel a pu être ramené à Paris sans que rien absolument ait subi la moindre avarie; grâce à un mode spécial de fermeture de nos réservoirs d'ébonite, pas une goutte de liquide n'a été répandue dans la nacelle, et pas un seul charbon mince de la pile n'a été cassé.

NOTE SUR UNE

NOUVELLE HORLOGE ÉLECTRIQUE

L'horlogerie électrique, à quelque point de vue qu'on l'examine, a fait depuis quelques années d'immenses progrès; cependant, quoi que nous aient montré les différentes expositions d'électricité qui se sont si rapidement succédé depuis 1881 dans différentes villes de l'Europe, nous sommes encore loin de ces résultats avantageux que l'on nous fait espérer depuis assez longtemps.

Nous ne sommes malheureusement plus au temps où l'on faisait de l'horlogerie; aujourd'hui la nécessité de satisfaire une clientèle nombreuse et appartenant à toutes les classes de la société, oblige l'industrie à débiter les appareils d'horlogerie sur une grande échelle; aussi le besoin se fait-il de plus en plus sentir, dans les administrations comme dans les grandes villes, et principalement sur les réseaux des chemins de fer, d'avoir, en même temps que des horloges d'un prix peu élevé et d'un entretien peu coûteux, des appareils fonctionnant avec régularité et donnant surtout la similitude de l'heure.

Les divers systèmes d'horloges électriques, très ingénieux d'ailleurs, qui déjà ont été décrits dans ce journal et que les expositions nous ont montrés, sont, il me semble, généralement conçus en dehors d'un programme bien défini, ou mieux n'apportent qu'un perfectionnement incomplet à l'horlogerie. En effet la même industrie qui inonde le pays d'horloges ou de pendules, dont les mouvements de peu de valeur sont souvent renfermés dans des boîtes artistiques, cherche aujourd'hui à remédier aux défectuosités de ces appareils en les compliquant par l'addition d'organes nouveaux commandés par l'électricité; ceux-ci sont plus propres encore à augmenter les dépenses d'entretien ou à nuire à la bonne marche des mécanismes, qu'à rectifier les défauts inhérents à la construction. Il serait évidemment préférable de ne livrer au commerce que des horloges très soigneusement exécutées, mais il est certain alors que leur prix élevé éloignerait la clientèle et pourrait peut-être décourager la concurrence et arrêter le progrès.

Les horloges commandées par l'électricité doivent, il me semble, remplir des conditions différentes selon qu'il s'agit ou d'horloges déjà construites ou d'horloges à construire.

Dans le premier cas, l'électricité ne doit intervenir que pour corriger le retard ou l'avance, sans que les organes nouveaux agissent directement sur la roue d'échappement: les solutions bien connues, d'ailleurs plus théoriques que pratiques et qui consistent à ne corriger que le retard ou l'avance, en accélérant ou en retardant la marche des mécanismes, me paraissent incomplètes, pour ne pas dire mauvaises.

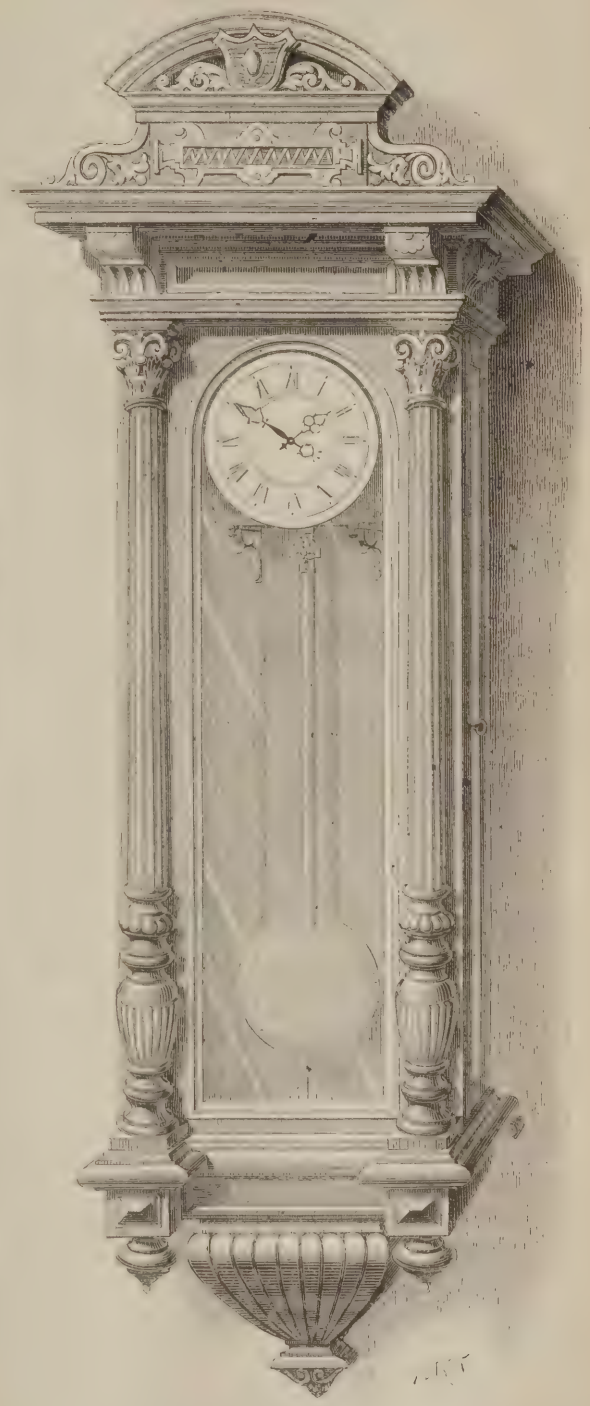


FIG. 1

Dans le second cas l'électricité devrait servir à la fois de moteur et de régulateur; le constructeur aurait à chercher en même temps à diminuer

le plus possible les rouages entrant dans la composition de l'horloge afin d'éviter les frottements et d'assurer à l'électricité une action sûre et complète.

Je ne crois pas qu'il existe d'appareils d'horlogerie répondant entièrement et simplement à l'un des deux programmes que je viens d'indiquer; il ne faut pas douter de la capacité de nos horlogers français, tels que Lepaute, Collin, Garnier, Bréguet, etc.; chacun d'eux nous ménage évidemment des surprises qui nous montreront une fois de plus que cette branche de l'industrie française

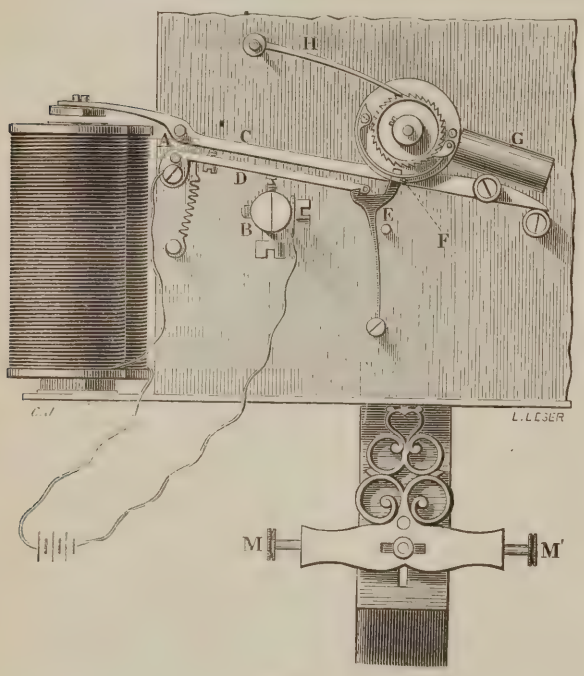


FIG. 2

présente encore un large champ d'études aux inventeurs.

J'ai eu l'occasion de voir à l'Exposition d'électricité de Vienne un système d'horloge, dont la simplicité du mouvement m'a tout particulièrement frappé et qui répond, à peu de choses près, au second programme que j'ai indiqué plus haut.

L'inventeur, M. Winbauer, horloger à Baden (Autriche), a bien voulu mettre à ma disposition une de ces horloges, que j'ai rapportée en France et qui depuis plusieurs mois fonctionne avec une régularité parfaite.

L'ensemble de cette horloge est représenté ci-dessus par la fig. 1 et le détail le plus important du mécanisme par la fig. 2 ci-dessus :

Le pendule est actionné par un petit poids G susceptible d'être réglé, fixé sur l'axe de la roue d'échappement : ce poids fait une pesée continuelle sur la roue par sa chute lente, et, lorsqu'il est arrivé à la limite de sa course, c'est-à-dire toutes les huit minutes environ, comme dans le cas de la figure 2, un contact s'établit par l'intermédiaire du petit levier D sur la vis B. Le circuit de la pile se trouvant alors complété à travers l'électro-aimant placé à gauche de l'appareil, l'armature fixée à l'extrémité du grand levier C étant attirée, soulève le poids qui est alors prêt à agir de nouveau sur la roue d'échappement.

Afin que le contact entre la vis B et le petit levier D ne soit pas permanent, l'extrémité de droite de ce dernier repose sur la dent d'une fourche très flexible E, qui le maintient suspendu au-dessus de la vis B. Le poids en descendant entraîne un disque dont il est solidaire et muni d'une goupille F, qui pousse de droite à gauche la fourche E et permet au moment voulu, au petit levier de glisser dans l'encoche pour établir le contact avec la vis B.

Au moment de l'action électrique, les deux leviers C et D sont soulevés par l'armature et le dernier reprend sa position sur le sommet de la dent de gauche de la fourche.

La pile de cette horloge se compose de deux éléments Leclanché petit modèle, déposés dans une case ménagée au sommet de la boîte; la marche du courant est suffisamment indiquée par le croquis de la figure 2.

Le pendule est susceptible d'un double réglage : à l'aide des vis M M' on en règle la parfaite verticalité; l'écrou placé en dessous de la lentille et à l'extrémité du balancier a la même fonction que dans toutes les horloges à pendule.

En résumé, on voit que cette horloge se remonte d'elle-même, l'électricité sert donc de moteur; sa marche régulière est due principalement à la longueur du pendule, mais la simplicité du mécanisme et l'action régulière du petit poids n'y contribuent pas moins pour une bonne part.

On comprend qu'il serait facile, en mettant sur un seul fil plusieurs horloges de ce genre, et en les faisant commander par une horloge primaire, d'obtenir un synchronisme assez parfait.

Dans tous les cas, cette horloge se recommande par sa simplicité et sa construction économique; le seul entretien qu'elle demande se borne à la visite de la pile dont la durée peut être très considérable puisqu'elle fatigue peu.

La maison Bréguet aurait, paraît-il, fait l'acquisition du brevet français de M. Winbauer.

EUGÈNE SARTIAUX.

NOUVEAUX PERFECTIONNEMENTS

APPORTÉS A LA

LAMPE-SOLEIL

Nous avons eu déjà plus d'une fois occasion de présenter à nos lecteurs la lampe-soleil, nous en avons indiqué les perfectionnements successifs; nous allons faire connaître aujourd'hui de nouvelles améliorations.

On se souviendra que les premières études de MM. Street et Maquaire, les ingénieurs qui travaillent la lampe-soleil inventée par MM. Clerc et Bureau, avaient porté d'abord sur la question de l'allumage. Ils l'avaient rendu automatique à l'aide de la disposition suivante, déjà décrite dans le n° du 17 mars 1883 :

Dans l'un des charbons qui est percé dans toute sa longueur suivant son axe, est disposée une tige portant un petit charbon; celui-ci, sous l'action d'un poids ou d'un ressort, va toucher l'autre charbon, en sorte qu'il y a contact et que le courant peut passer: mais la tige qui porte ce petit charbon est attachée au noyau d'un solénoïde; aussitôt que le courant passe, ce solénoïde entre en action, attire son noyau, retire le petit charbon et fait naître l'arc. Cet allumage est, comme on le voit, automatique; afin de le rendre volontaire, on avait adjoint un tirage permettant de faire rentrer le charbon à la main quand cela était nécessaire.

Cette disposition a cependant des inconvénients, et divers perfectionnements ont été faits.

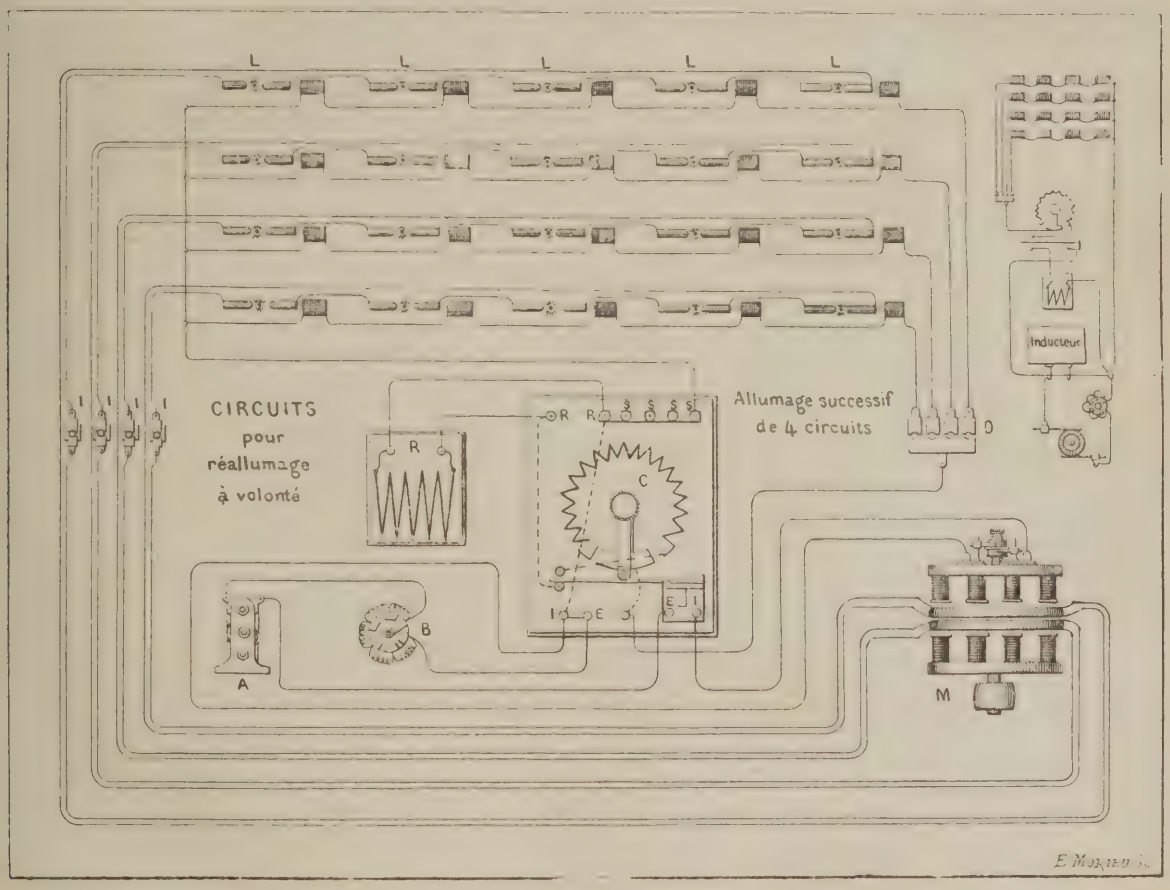


FIG. I

Les appareils actuellement en usage peuvent se diviser en deux groupes :

Le premier groupe est employé dans les installations particulières (industriels et particuliers) dont les éclairages sont assez importants pour nécessiter l'emploi de une ou plusieurs machines électriques.

Le second groupe d'appareils est employé dans le cas de centres d'éclairage. Dans ce cas, les particuliers ont un ou plusieurs foyers à leur disposition, mais les machines productrices de courant sont réunies en un même point et sont installées et mises en mouvement par les soins de la Société.

Dans ce dernier cas, les particuliers en payant

une redevance horaire à la Compagnie, n'ont qu'à allumer et éteindre leurs foyers.

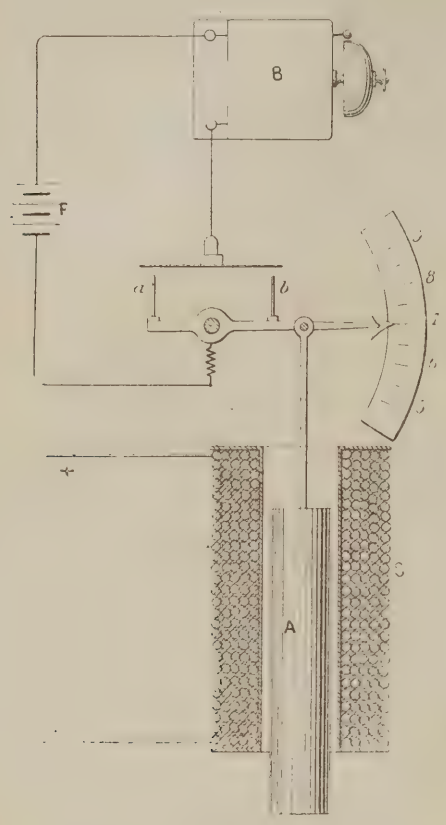


FIG. 2

Dans le premier cas, les machines employées généralement, sont des machines Maquaire à plu-

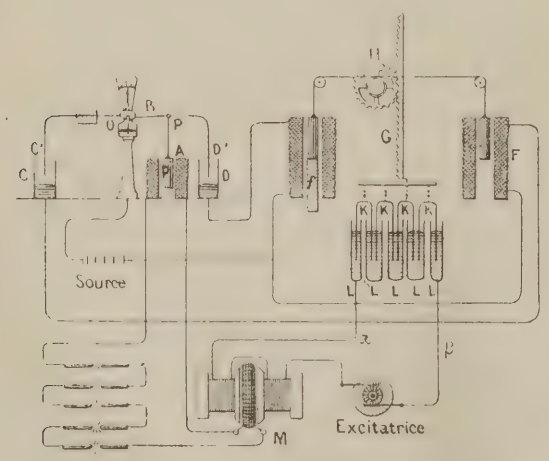


FIG. 3

sieurs circuits ; l'indépendance des foyers n'étant pas une nécessité rigoureuse, puisque dans la majorité des cas tous les foyers d'une installation particulière sont allumés ou éteints simultanément.

Dans le second cas, au contraire, lorsque la lu-

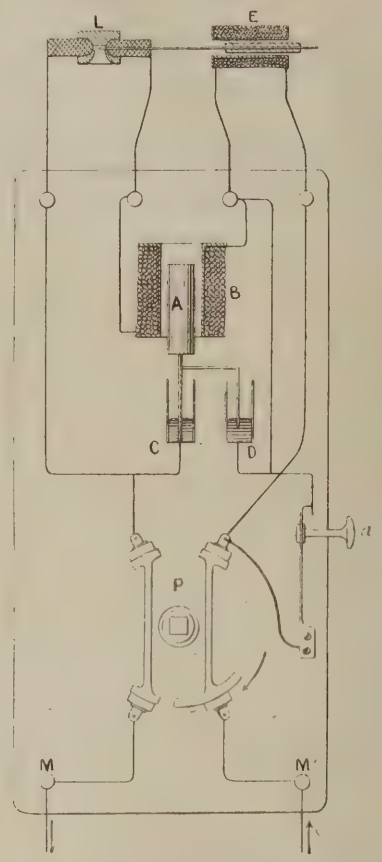


FIG. 4

mière est distribuée d'un centre unique, il est absolument indispensable que les foyers soient parfaite-

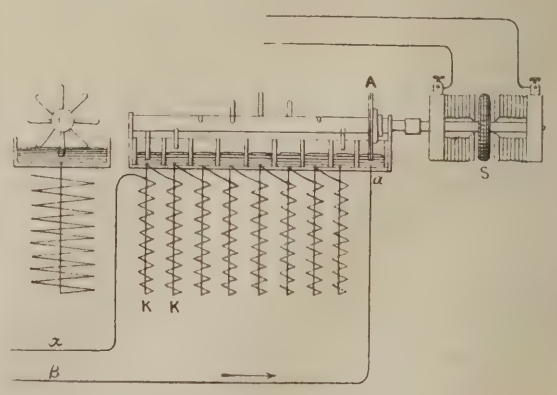


FIG. 5

ment indépendants les uns des autres, et que non seulement lorsque l'on allume ou éteint un quelconque des foyers, rien ne soit changé pour les

autres, mais encore que la force absorbée soit proportionnelle au nombre de lampes allumées.

A cet effet, les machines employées dans ce cas spécial sont des machines monocircuit autorégulatrices, c'est-à-dire que les machines sont à un seul circuit, et que l'intensité du courant passant par les lampes reste constante quel que soit le nombre de lampes allumées.

Les appareils du premier groupe sont:

1° L'indicateur du courant;

2° Le veilleur;

3° Le rhéostat-allumeur.

Enfin nous ne citerons que pour mémoire les interrupteurs servant à interrompre le courant, appareils déjà connus et sur la description desquels il est inutile d'insister.

L'*indicateur de courant* (fig. 2) est un appareil dont la fonction est d'indiquer en permanence l'intensité du courant traversant les lampes. Un indicateur de courant ou intensimètre est placé dans chaque circuit. Lorsqu'une machine se trouve réglée, l'intensité normale du courant d'éclairage doit autant que possible être conservée; si le courant s'affaiblit dans des proportions trop considérables, il y a danger d'extinction; si au contraire il y a augmentation notable dans l'intensité du courant, les machines peuvent être compromises.

FIG. 6

A cet effet, l'indicateur de courant est limité aux deux extrémités de sa course dans deux positions correspondant aux intensités extrêmes.

Dans l'une et l'autre de ces positions, l'intensimètre ferme le circuit d'une pile locale qui actionne une sonnerie. Aussitôt que cette sonnerie fonctionne le mécanicien est prévenu, soit qu'il y a danger d'extinction, soit que la machine est en danger d'être compromise. A l'inspection seule de l'intensimètre, il se rend compte de l'accident qui va se présenter et peut y remédier immédiatement.

Le *veilleur*, dans le cas d'une machine à plusieurs circuits, a pour but de substituer automatiquement une résistance équivalente à lampe, lorsque celle-ci vient à ne pas fonctionner.

L'appareil se compose d'un solénoïde que traverse le courant actionnant les lampes. Tant que le courant passe, le fer doux du solénoïde est attiré par la bobine, aussitôt que le courant cesse de passer, le fer doux retombe et ferme un circuit dérivé au pied de la lampe, lequel circuit dérivé a

précisément une résistance équivalente à celle de la lampe allumée.

Le *rhéostat-allumeur* est un appareil destiné à opérer l'allumage et le réallumage des lampes de tout un circuit en agissant du point où se trouve la machine. Cet appareil est un rhéostat ordinaire mis en tension dans un circuit spécial appartenant aux solénoïdes des lampes, circuit absolument indépendant du circuit d'éclairage. (Voir le schéma, fig. 1.) Ce circuit est en dérivation sur l'inducteur de la machine à lumière. La résistance des solénoïdes des lampes est telle, que lorsque l'inducteur de la machine à lumière reçoit un courant excitateur d'une intensité normale, si l'on ferme le circuit des solénoïdes, ces derniers reçoivent un courant de 2 ampères environ.

Les solénoïdes ont une disposition inverse de celle qu'ils présentaient précédemment et qui a été décrite dans les articles cités. Autrefois le charbon réallumeur venait naturellement buter contre le charbon brûleur, le solénoïde le retirait pour former l'arc, maintenant, au contraire, le charbon est maintenu par un ressort loin du charbon brûleur, le solénoïde le rappelle et vient faire la butée,

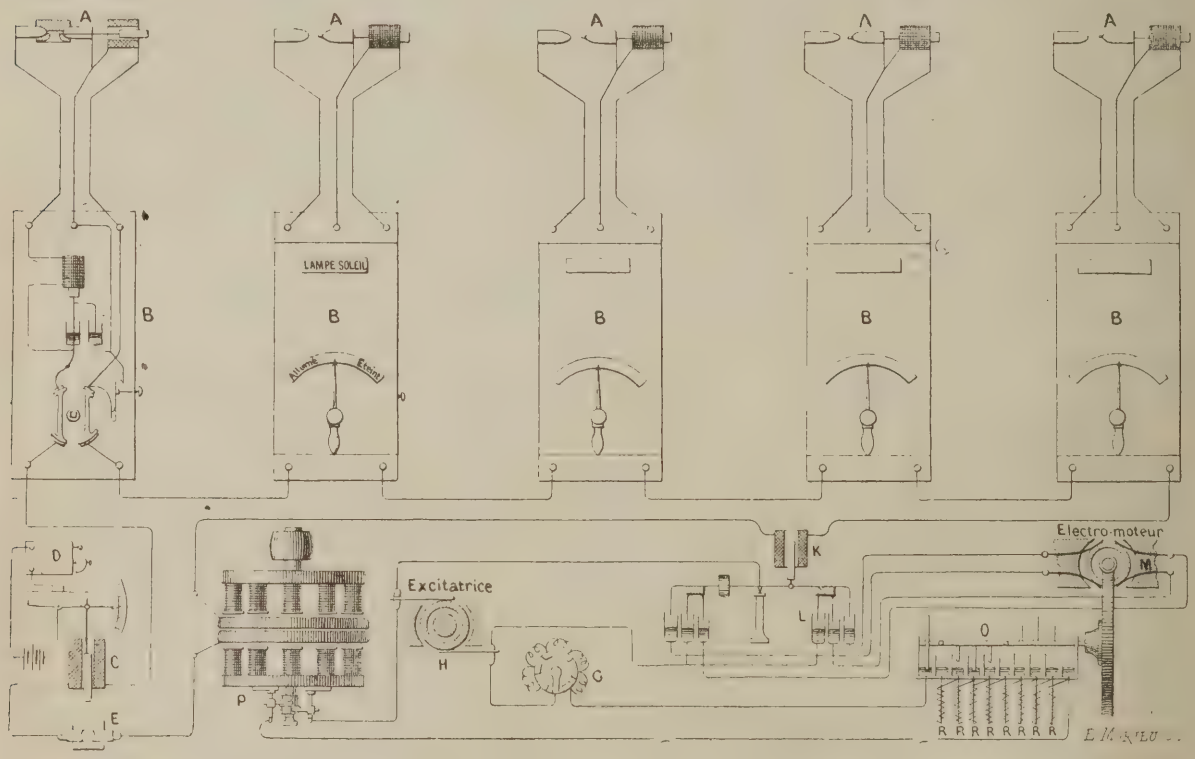


FIG. 7

après quoi le charbon allumeur devra s'éloigner pour faire l'arc : voici comment ces mouvements s'opèrent.

Lorsque l'on ferme le circuit des solénoïdes le rhéostat allumeur se trouve au zéro, c'est-à-dire intercale dans le circuit une résistance nulle; à ce moment, le courant qui traverse les solénoïdes est maximum, c'est-à-dire de 2 ampères environ. Le fer de chaque solénoïde est attiré et amène au contact le charbon d'allumage avec le charbon plein.

A ce moment, le circuit d'éclairage se trouve fermé. Si l'on fait agir le rhéostat d'allumage, c'est-à-dire si l'on intercale dans le circuit des solénoïdes des résistances croissantes, l'intensité du courant baisse dans ce circuit et les ressorts antagonistes ramènent le charbon d'allumage en arrière. On augmente progressivement l'écart du petit charbon par le rhéostat et finalement on interrompt le passage du courant dans le circuit des solénoïdes. A ce moment le petit charbon est hors d'atteinte de l'arc et la lampe se trouve en marche normale.

Toutes les fonctions que nous venons d'indiquer s'obtiennent en manœuvrant la clef du rhéostat d'allumage sans que l'opérateur ait d'autre souci que de tourner cette clef dans un sens déterminé indiqué par une flèche.

On remarquera qu'avec cette disposition le mouvement du charbon est commandé comme à la main; si par hasard l'allumage avait manqué, l'indicateur de courant le montrerait et on recommencerait la manœuvre : de plus, après l'allumage, les solénoïdes sont hors circuit et n'absorbent aucun

travail. Nous indiquons fig. 1 un schéma représentant l'ensemble d'une installation d'une machine à plusieurs circuits avec tous ces appareils.

Dans le cas d'une distribution par un centre, nous retrouvons les mêmes appareils avec quelques légères modifications et un appareil nouveau qui est le régulateur d'intensité. Dans ce cas, tous les foyers sont en tension sur un même circuit et la machine est une machine mono-circuit. Le régulateur d'intensité a pour but de maintenir l'intensité du courant toujours à la même valeur quel que soit le nombre de foyers allumés dans le circuit.

Lorsque l'on éteint les lampes dans le cas de la distribution, on ferme en court circuit au pied de la lampe et le veilleur décrit ci-dessus au lieu d'intercaler une résistance équivalente à celle de la lampe ferme également un court circuit au pied de la lampe.

Le veilleur et le commutateur servant à l'allumage et à l'extinction du foyer sont montés ensemble pour chaque lampe et constituent un seul appa-

Fig. 8

reil. Le croquis n° 4 indique le dispositif employé.

Le commutateur est ainsi disposé qu'il est absolument impossible de rompre le circuit. La communication envoyant le courant dans la lampe se fait avant la rupture du court circuit au pied de la lampe et réciproquement.

Lorsque le commutateur est placé sur la ligne d'éclairage le courant passe par le veilleur. En pressant sur le bouton *a* on envoie le courant dans le solénoïde d'allumage, lequel solénoïde amène le charbon d'allumage en contact avec le charbon plein. En cessant d'appuyer sur le bouton *a*, le courant cesse de passer dans le solénoïde. Au moment du contact du charbon d'allumage avec le charbon plein, le veilleur se lève, le petit charbon se retire et opère l'allumage. Dans le cas où l'allumage ne se ferait pas, le veilleur tomberait et rien ne serait troublé dans le circuit.

Il nous reste maintenant à décrire la fonction du régulateur d'intensité.

Ce régulateur d'intensité est basé sur un dispositif spécial qui fait que l'appareil ayant ramené l'intensité à sa valeur normale, tout le système reste à l'état d'équilibre tant qu'une nouvelle cause extérieure ne vient de nouveau modifier l'intensité.

A cet effet, le régulateur est commandé par un indicateur de courant qui sert aussi bien pour les courants continus que pour les courants alternatifs,

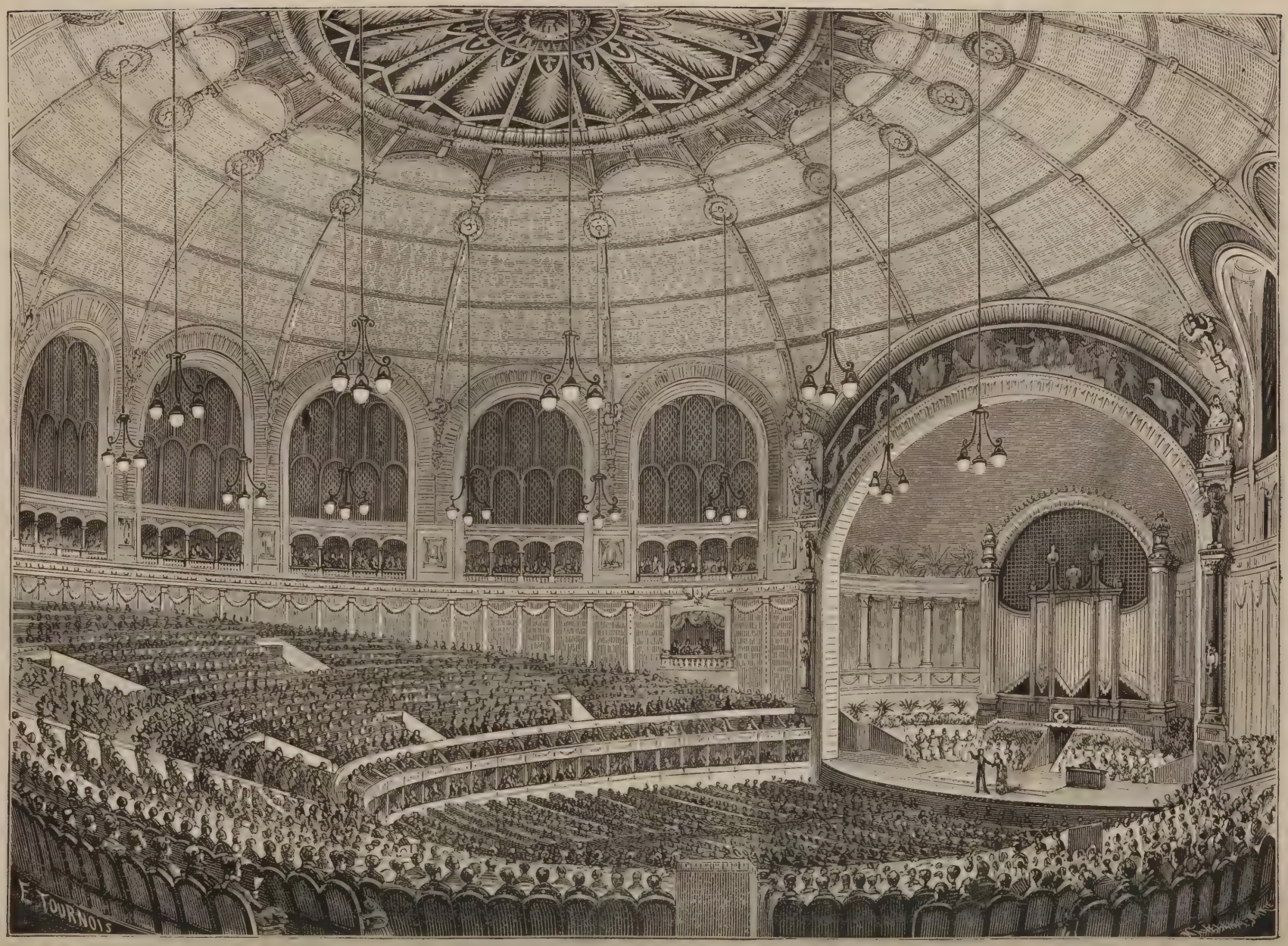


FIG. 9 — SALLE DU TROCADÉRO ÉCLAIRÉE A LA LAMPE-SOLEIL

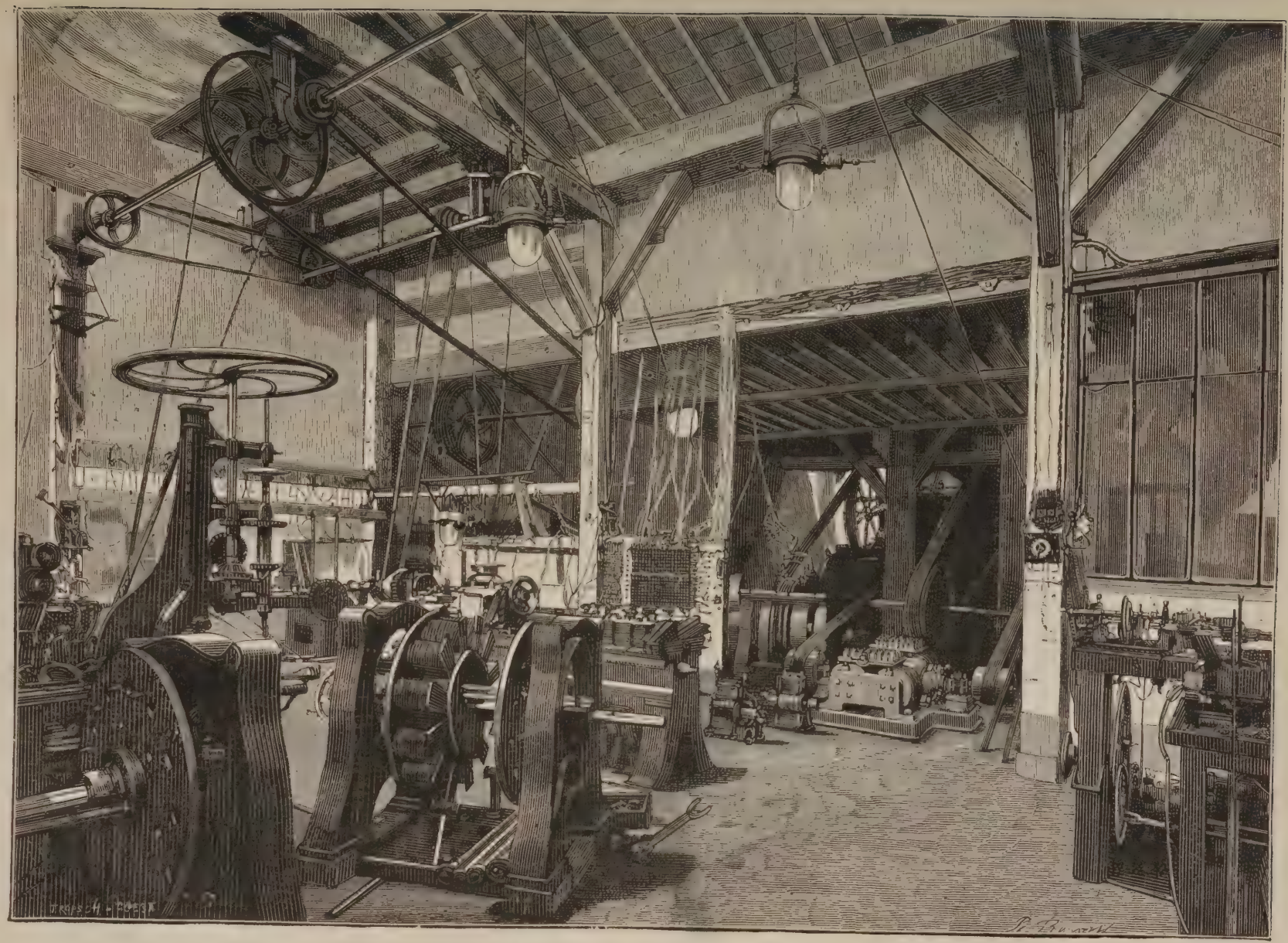


FIG. 10. — ATELIER DE LA LAMPE-SOLEIL

L'indicateur de courant est constitué par une balance formée d'un fléau B (fig. 3), terminé par deux tiges de contact C′ et D′ à ses extrémités et un fer doux suspendu en P, lequel plonge dans un solénoïde parcouru par le courant qu'il s'agit de maintenir constant.

Lorsque l'indicateur de courant est dans la position normale, le régulateur reste à l'état d'équilibre. Si l'indicateur se trouve déplacé de sa position normale dans un sens ou dans un autre, il fait agir le régulateur dans un sens ou dans l'autre et cela jusqu'à ce que l'intensité étant redevenue normale, l'indicateur de courant ait repris sa position normale. A partir de ce moment, tout le système reste en équilibre jusqu'à ce que le courant vienne encore à changer.

Le rôle du régulateur est ainsi déterminé que lorsque le courant à régler augmente, le champ magnétique qui produit ce courant est diminué et inversement.

Ces variations du champ magnétique peuvent être obtenues soit en supprimant ou ajoutant dans le circuit des galettes formant les électro-aimants inducteurs, soit en diminuant ou augmentant l'intensité du courant inducteur.

L'ensemble du régulateur est représenté fig. 3. A est l'indicateur d'intensité du courant que l'on veut régler ; B un levier actionné par l'indicateur ; C et D, deux augets de mercure correspondant à deux solénoïdes E et F. Le levier B, en se déplaçant autour du point, ferme sur l'un ou l'autre solénoïde le courant d'une pile ou d'un générateur dynamique de courant.

Lorsque l'intensité est normale, les pointes C′ et D′ ne trempent ni l'une ni l'autre dans les godets C et D, tout le système est en équilibre. Si D′ vient en contact avec D, le courant passe par le solénoïde E fait remonter une crémaillère G par l'intermédiaire de la roue dentée H ; si au contraire C′ communique avec C, le courant passe par le solénoïde F qui fait descendre la crémaillère G par l'entremise de la roue H. La crémaillère G porte un cadre sur lequel sont fixés des fils de maillechort de nickel ou autre, K réunissant en tension des cuves L contenant du mercure et faisant partie du circuit inducteur.

Lorsque les fils K sont complètement immergés dans les cuves à mercure L, le circuit iuducteur de la génératrice M présente une résistance minima.

Au fur et à mesure que la crémaillère G monte, la résistance du circuit inducteur augmente, le champ magnétique de la machine M diminue d'intensité et le courant induit passant par les lampes et l'indicateur diminue par la même raison. La crémaillère G et les fils de résistance K sont équilibrés de façon que lorsque le courant d'éclairage se rouve réglé et que par suite aucun courant ne passe par les solénoïdes E et F, tout le système reste en équilibre stable.

Au lieu d'intercaler des résistances variables dans le circuit inducteur, on peut supprimer ou ajouter dans le circuit inducteur des galettes sur les inducteurs, lorsqu'ils sont enroulés de cette façon.

La fig. 5 représente une variante de la solution ; dans ce cas, un axe est actionné dans un sens ou dans l'autre par un moteur électrique suivant que ce moteur est lui même actionné dans un sens ou dans l'autre, par l'indicateur de courant A. L'axe tourne au-dessus d'une série de cuves à mercure.

Le courant inducteur arrive à l'axe en permanence par la cuve *a*, dans laquelle plonge un disque A, puis de là est distribué sur des résistances variables suivant que l'une ou l'autre des palettes montées sur l'axe plonge dans sa cuve.

La fig. 7 représente un schéma d'une canalisation de distribution et résume tous les appareils que nous avons décrits.

L'ensemble de ces appareils permet d'assurer une grande garantie aux éclairages en rendant les foyers absolument indépendants les uns des autres, et en réglant le courant de circulation dans les lampes, quel que soit le nombre de foyers allumés.

Des installations vont être faites sur ce type ; la première sera probablement établie à Angers où un centre de production lumineuse est en voie de préparation. Il est certain que le progrès accompli en adoptant ces arrangements est très sérieux, et fait grand honneur aux ingénieurs de la Lampe-Soleil.

Ceux-ci d'ailleurs ne négligent pas les moyens qu'ils ont en main, et tout en se préparant à faire le mieux, ils s'efforcent de bien faire : la fig. 8 donne l'aspect d'un des bureaux des ateliers éclairé par projection sur le plafond ; notre gravure un peu trop grise de ton, ne donne pas bien l'idée de ce joli éclairage doux et brillant à la fois. La fig. 9 au contraire rend assez bien l'aspect que présentait la vaste salle des fêtes au Trocadéro, éclairée par 36 lampes soleil, pendant une représentation donnée pour l'Orphelinat des Arts. Le problème d'éclairage posé là était certainement fort difficile et a été fort bien résolu.

Enfin nous donnons (fig. 10) la représentation d'un coin de l'atelier de l'avenue Wagram, 42, où se fabriquent les machines et les lampes, et dont la façade éclairée par des Lampes-Soleil est représentée figure 6; naturellement il est lui-même éclairé par des foyers animés par la machine à vapeur que l'on distingue au fond : on peut même voir auprès d'elle la machine Marcel Deprez, qui y a été quelque temps placée pour des essais.

AUG. GUEROUT.

Le Gérant : A. NOAILLON.

Paris. — Imprimerie P. Mouillot, 13, quai Voltaire. — 44598

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

51, rue Vivienne, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ. — DIRECTEUR SCIENTIFIQUE : TH. DU MONCEL

ADMINISTRATEUR : H. SARONI

6e ANNÉE (TOME XI) SAMEDI 12 JANVIER 1884 N° 2

SOMMAIRE

Des progrès de la science électrique en 1883 (2e article); Th. du Moncel. — Application de l'électricité à la manœuvre des signaux de chemin de fer; M. Cossmann. — A propos des expériences de M. Cardani sur quelques figures obtenues par l'électrolyse; C. Decharme. — Éclairage électrique du théâtre de la Scala à Milan; G. Colombo. — L'éclairage électrique du nouvel Hôtel de Ville à Paris; G. Szarvady. — Utilisation des accouplements des freins pour l'intercommunication électrique; G. Richard. — Le telphérage de MM. Jenkin, Ayrton et Perry; F. Geraldy. — Revue des travaux récents en électricité. — Les variations de la résistance dans un fil librement tendu. — Sur une balance magnétique, par le professeur Hughes. — Sur le pouvoir isolant et les résidus électriques de la benzine, par M. Hertz. — Méthode simple pour étudier l'électrisation des cristaux, par M. Kundt. — Sur l'existence d'une électricité solaire, par Werner Siemens. — Correspondance : Lettre de M. Gaulard et réponse de M. Geraldy. — Faits divers.

DES PROGRÈS DE LA SCIENCE ÉLECTRIQUE EN 1883

2e article. (*Voir le numéro du 5 janvier* 1884.)

La téléphonie continue à préoccuper les esprits non seulement dans ses applications aux services publics et privés, mais encore au point de vue théorique. Nous avons, dans plusieurs articles, indiqué les différentes villes du monde qui sont actuellement en possession de réseaux téléphoniques, et nous avons même indiqué à combien par mille habitants s'élevait le nombre des abonnés. A ce point de vue, on a pu remarquer qu'Honolulu dans les îles Sandwich était une des villes qui étaient le plus en progrès, et on a vu également que parmi les différents pays d'Europe c'étaient la Suède, la Belgique et la Suisse qui, relativement à leur population, avaient le plus d'abonnés. Le réseau parisien s'est trouvé cependant augmenté dans une grande proportion, et le nombre des abonnés dépasse aujourd'hui 3,500 avec 12 bureaux centraux; c'est un très beau résultat auquel on était loin de s'attendre dans l'origine.

On a aussi essayé dans le cours de l'année 1883, en Amérique, des réseaux téléphoniques s'étendant de villes à villes, de pays à pays. Les installations des bureaux se sont aussi perfectionnées, mais les systèmes sont assez différents suivant les pays. Nous avons décrit dans ce journal ceux qui sont employés en Prusse, en Suisse, en France et en Amérique, et nous aurons occasion de décrire les autres systèmes à mesure que nous en aurons connaissance; mais nous ne voyons pas, à première vue, qu'ils soient supérieurs au système du réseau parisien qui a pour lui l'avantage très grand d'avoir ses fils installés dans les égouts de Paris et qui sont par suite à l'abri de beaucoup de dérangements.

On a proposé dans le courant de l'année 1883 plusieurs nouveaux récepteurs téléphoniques dont les principaux sont ceux de MM. D'Arsonval, Galoubitski, Pollard, etc., et les transmetteurs sont encore plus nombreux. L'un des plus intéressants est celui de M. Ochorowitz. Jusqu'à présent cependant nous ne voyons pas qu'ils soient supérieurs à ceux d'Ader employés par la Société des téléphones de Paris.

Quant aux questions théoriques se rattachant à la téléphonie, elles ont été étudiées d'une manière très intéressante par plusieurs savants anglais qui ont cherché à analyser les effets produits dans les contacts microphoniques. Nous avons résumé tous ces travaux dans cinq longs articles qui ont été publiés dans les deux premiers volumes de l'année 1883 de ce journal, et nous y renvoyons le lecteur; mais nous croyons devoir en faire ici un résumé rapide afin que l'on sache bien où en est actuellement la question.

On doit se rappeler que la théorie du transmetteur à charbon d'Edison et même celle du microphone avaient été basées sur ce fait découvert par moi en 1856 que les contacts formés par la superposition de deux corps conducteurs, fournissent au courant qui les traverse une résistance d'autant

moins grande que la pression exercée entre eux est plus grande. Ce principe, qui est vrai par lui-même pour des pressions assez sensibles, n'a pas paru à beaucoup d'hommes spéciaux suffisant pour expliquer tous les effets produits, notamment quand ces contacts sont constitués par des conducteurs un peu durs, comme les charbons calcinés dont on se sert habituellement. Parmi ceux qui se sont occupés d'élucider cette question, nous citerons MM. Heaviside, Shelford, Bidwell, Probert et Soward, Conti, Stroh et Munro. Ils ont commencé à démontrer que les lois de Ohm n'étaient pas applicables aux circuits complétés par des transmetteurs microphoniques, et que le contact était rarement complet, parce qu'il se produisait sous l'influence des répulsions des éléments contigus d'un même courant un certain écart infiniment petit, il est vrai, entre les deux charbons, qui n'empêchait pas le courant de passer une fois amorcé, mais dont les moindres variations de grandeur fournissaient des différences considérables de résistance, très suffisantes pour fournir des courants ondulatoires en rapport avec les vibrations agissant sur ces contacts. Dès l'année 1878, j'avais eu l'idée de cet effet et j'avais eu recours à cette théorie pour expliquer le microphone récepteur; mais MM. Stroh et Munro sont arrivés non seulement à montrer qu'il y avait disjonction des charbons au moment du passage du courant, mais encore à mesurer cet écart et à constater la présence de corpuscules semi-conducteurs dans la solution de continuité. Toutefois le phénomène est encore plus compliqué, et c'est ce qui explique que les lois de Ohm sont complètement en défaut sur les circuits microphoniques. On a en même temps comparé les effets avec les contacts en métal et avec les contacts en charbon, et on a reconnu qu'ils seraient les mêmes s'il ne se produisait pas avec les premiers une sorte de collage tenant vraisemblablement à une soudure plus ou moins complète des points les plus exposés à l'action calorifique de la décharge à la suite ds son passage à travers l'intervalle infiniment petit séparant les conducteurs. Nous n'entrerons pas dans des détails trop circonstanciés à cet égard, car nous sortirions du cadre réservé à cette revue. Nous renverrons en conséquence le lecteur que cette question pourra intéresser aux numéros des 10 et 17 mars, 28 avril, 2 et 23 juin 1883 de ce journal.

Comme expériences téléphoniques importantes réalisées en 1883, nous devons rappeler celles que M. Moser a entreprises à la Société d'encouragement et à l'hôtel Continental pour la reproduction des concerts par le téléphone. Avec ce système, on a pu entendre sur 108 téléphones placés dans les salles de la Société d'encouragement, l'opéra de *Henry VIII* joué au grand Opéra et l'on employait deux fils seulement et une simple pile agissant sur 10 transmetteurs et 48 bobines d'induction groupés d'une certaine manière. Les récepteurs étaient eux-mêmes groupés d'une manière particulière, et grâce à ce système, on évitait les nombreux fils qui étaient employés pour ce genre d'application lors de l'Exposition de 1881. On trouvera des renseignements sur cette organisation, tome VIII de ce journal, page 553. On s'est occupé beaucoup, du reste, de ce genre d'application dans différents pays, et le journal *La Lumière Electrique* (tome IX, page 119) a donné le détail d'une installation faite en Russie qui a fourni de très bons résultats.

A l'Exposition électrique de Vienne de 1883, la téléphonie a joué un certain rôle, et on y remarquait un récepteur téléphonique imaginé par un Polonais qui parlait à haute voix et beaucoup plus fort que tous les téléphones regardés comme parlant haut, imaginés jusqu'à présent.

L'auteur a gardé le secret sur la disposition de cet appareil qui, paraît-il, ne renfermerait aucun principe nouveau, mais bien une combinaison très perfectionnée des moyens connus. On remarquait encore à l'Exposition de Vienne un appel téléphonique de M. Abdanck Abakanowicz, d'une très grande simplicité et d'une efficacité suffisante, quoique sans pile, pour les besoins des services téléphoniques. (Voir le tome X, page 95.) Enfin parmi les appareils microphoniques, on remarquait ceux du docteur Wreden qui avait exposé 48 modèles de transmetteurs qui ont été décrits dans *La Lumière Electrique*, tome X, page 253.

Pendant l'année 1883, les contestations en matière de téléphonie ont continué leur chemin, et de nouveaux procès ont été jugés en Amérique. Un premier, entre les compagnies Bell et Dolbear, dans lequel la Compagnie Bell a eu gain de cause sur tous les points, et un second, dans lequel M. Mac Donough a eu gain de cause sur M. Bell, comme ayant imaginé avant ce dernier le récepteur électromagnétique. Cette décision inattendue a permis en Amérique à une concurrence de s'établir, et dans un long article publié dans ce journal le 24 novembre 1883, nous avons exprimé notre manière de voir sur cette question.

Jusqu'à présent le réseau téléphonique parisien a été combiné de manière que chaque ligne d'abonné se composât de deux fils pour éviter les bruits anormaux; mais, par le fait, un seul était utilisé, et la terre intervenait comme complément du circuit, ce qui faisait que les bruits anormaux en question existaient encore dans toute leur plénitude. M. Berthon a combiné un système qui, tout en évitant ces bruits, permettra les appels des abonnés entre eux et sans l'intermédiaire des employés des bureaux, ce qui procurera une économie dans le personnel de la Compagnie et plus de commodité pour les conversations des abonnés entr-

eux. Nous ne pouvons encore décrire ce système à cause des brevets, mais nous espérons pouvoir bientôt le faire connaître à nos lecteurs.

La télégraphie électrique n'a pas, dans le cours de l'année 1883, mis au jour d'appareils importants réellement nouveaux, mais on a perfectionné ceux qui avaient produit, dans ces dernières années, les meilleurs résultats. A Paris, les nouveaux bâtiments construits au poste central des télégraphes, ont permis un excellent aménagement des appareils et de leurs accessoires, et une bien meilleure installation des employés qui se trouvent aujourd'hui réunis dans des salles vastes, spacieuses, parfaitement aérées et ayant un bon jour.

Nous avons consacré dans ce journal, au commencement de 1883, un long article accompagné de dessins sur cette organisation, et nous n'aurons à ajouter à ce que nous avons dit, qu'aujourd'hui le service par les appareils Baudot s'y fait sur une grande échelle. Ces appareils, comme nous l'avons dit, peuvent fonctionner isolément ou en combinaison quadruple ou sextuple. Ils se prêtent parfaitement aux transmissions simultanées en sens opposé, et ils fournissent un débit de dépêches plus considérable qu'avec les Hughes ordinaires par la facilité de la manipulation.

On a vu déjà dans ce journal que le réseau des lignes souterraines qui doivent sillonner la France dans diverses directions, se complétait successivement, et on a employé pour ces lignes, un nouveau modèle de câble à 3 fils dans lequel les effets d'induction électrostatique se trouvent tellement amoindris qu'ils affectent à peine les transmissions. Sous ce rapport il y a eu un progrès réel dans notre réseau.

A l'Exposition de Vienne il y avait quelques appareils nouveaux ou du moins des perfectionnements des appareils en usage, entre autres un perfectionnement du *siphon recorder* de M. Thomson; mais nous aurons occasion de décrire tous ces appareils dans la série d'articles que nous allons publier sur cette Exposition. Nous y renvoyons donc le lecteur.

La question des générateurs électriques, surtout ceux applicables à la lumière électrique et à la force motrice, a occupé encore les esprits en 1883, et la Compagnie *Force et lumière*, qui exploitait les brevets Faure après s'être entendue avec la Compagnie anglaise qui exploitait le perfectionnement combiné par M. Sellon Wolkemar, a voulu frapper un grand coup en faisant en France une émission au nom d'une Compagnie anglaise. Pour enthousiasmer le public, elle a entrepris, dans le courant de l'été 1883, divers essais de tramways électriques qui ont plus ou moins bien réussi, mais qui, dans tous les cas, ont fait beaucoup parler d'eux. Nous avons discuté dans ce journal le prix de revient de ce système de locomotion, ce qui occasionna une polémique assez piquante entre la Compagnie et un de nos rédacteurs, et naturellement chacun est resté dans son opinion, mais le gros public ne s'est pas cette fois laissé entraîner par les réclames de la Compagnie, et l'émission n'a pu se faire dans les conditions attendues par la Compagnie. Il est certain qu'on devient défiant, et on a raison jusqu'à un certain point, car ce ne sont pas les inventions les plus trompetées par les journaux qui sont les plus sérieuses.

Parmi les inventions se rapportant aux générateurs du genre dont nous parlons, nous aurons encore à en mentionner une qui se trouve actuellement prônée, et, même beaucoup trop suivant nous, par les journaux anglais, et qui a été combinée par MM. Gaulard et Gibbs. Dans ce système on veut transformer l'électricité des machines alternatives en électricité de plus grande tension au moyen de bobines d'induction analogues en principe à celle de Ruhmkorff, et qui peuvent fournir un courant plus ou moins énergique sous le rapport de la tension et de la quantité au moyen de commutateurs qui permettent d'appliquer le courant, suivant les besoins de la distribution, chez les particuliers. Ce système avait été combiné dans l'origine par M. Fuller, et M. Jablochkoff, avait déjà cherché à l'utiliser dans son système d'éclairage électrique à lames de kaolin; mais sa réussite ayant été peu avantageuse, on ne s'en préoccupa pas davantage. MM. Gaulard et Gibbs en ont, à ce qu'il paraît, tiré un meilleur parti, puisque les expériences faites à l'aquarium de Westminster et au chemin de fer métropolitain de Londres ont assez bien réussi; mais on ne nous persuadera jamais qu'un système qui exige deux transformations, puisse être économique, et nous ne croyons pas plus à son avenir qu'à celui des accumulateurs dans les applications courantes.

Enfin nous citerons parmi les générateurs dont on a parlé en 1883, la pile à oxyde de cuivre de M. Delalande qui a fourni paraît-il, des résultats avantageux. Elle a été décrite dans ce journal tome IX, page 367, et nous y renvoyons le lecteur que cette question pourrait intéresser.

Parmi les travaux électriques importants qui ont été publiés en 1883, nous croyons devoir rappeler une série d'expériences entreprises par M. A. Breguet, sur une manière de rendre palpables les répulsions qu'exercent entre eux les éléments contigus d'un même courant. Ces répulsions, que M. Coulon avait déclaré ne pouvoir exister, et que la plupart des physiciens croient excessivement faibles, jouent pourtant un rôle important dans les microphones et dans les lampes à semi-incandescence. Nous avons vu, en effet, que MM. Fernet, Van Malderen et Leblon avaient établi des régulateurs de lumière électrique fondés sur ce principe.

Toutefois, au moyen d'un petit appareil excessivement simple décrit dans *La Lumière Electrique* du 10 nov. 1883, p. 350, M. A. Breguet est arrivé à produire ces effets répulsifs d'une manière assez continue pour en faire un tourniquet électrique qui tourne tant qu'un courant d'intensité suffisante l'anime.

Nous devrons citer encore comme expériences importantes se rapportant à l'électricité dans le courant de l'année 1883, les expériences de M. Jamin sur les courants de réaction résultant de machines à courants alternatifs et qui peuvent fournir des effets continus dans tel ou tel sens suivant la grandeur relative des électrodes charbonnées, entre lesquelles passe l'arc voltaïque. Quand ces électrodes sont de même surface, les courants alternatifs ne peuvent donner lieu à aucun effet continu, puisque les courants produits sont égaux et contraires; mais si ces courants traversent un arc dont les charbons sont de surface très différente, l'un des courants l'emporte sur l'autre, et le courant différentiel continu qui en résulte traverse le circuit extérieur depuis l'électrode qui présente la plus grande surface jusqu'à l'électrode qui présente la plus petite. De cette manière on peut obtenir sans commutateur des courants dans une même direction dont la force peut être comparable à celle de 100 éléments Bunsen.

On doit se rappeler encore les curieuses expériences de M. Bjerknès qui, à l'Exposition de 1881, ont attiré l'attention de tous les physiciens. Depuis ces expériences, plusieurs physiciens ont voulu les répéter dans des conditions différentes, soit en employant des courants d'air, soit des effets vibratoires, et nous avons vu que MM. Stroh et Decharme avaient combiné un très grand nombre de dispositifs extrêmement intéressants pour rendre sensibles tous ces phénomènes. (Voir *La Lumière Electrique*, t. IX, p. 462-498.) Dans le courant de l'année 1883, M. Bjerknes a imaginé de nouvelles combinaisons d'appareils au moyen desquelles les phénomènes électriques sont imités par des actions tout à fait hydrodynamiques. Ces curieuses expériences ont été rapportées tout au long dans *La Lumière Electrique* du 14 avril 1883, page 479.

Des diverses questions qui ont occupé l'attention des savants, il en est peu qui présentent autant d'intérêt que celle qui se rapporte à la nature de ce filament si dur et si flexible qui constitue la partie lnmineuse des lampes à incandescence. M. Aron a étudié dans cette dernière année les propriétés de ce charbon si particulier, et il est arrivé à reconnaître que cette sorte de charbon ne brûle pas dans la flamme d'un bec de Bunsen ni même dans celle du chalumeau à air. Cependant à la température qu'il atteint dans les lampes sous l'influence électrique il brûlerait au contact de l'air. Cette propriété est due à ce que ces filaments sont successivement portés dans le vide à une température très élevée. M. Aron considère que dans la carbonisation il existe trois phases différentes : dans la première, les substances végétales restent facilement inflammables, mais ne conduisent pas l'électricité ; dans la seconde, correspondant à une température élevée, elle deviennent conductrices, mais restent encore combustibles; mais dans la troisième, à une température encore plus élevée, elles restent conductrices, mais deviennent difficilement combustibles. Cette bonne conductibilité et cette incombustibilité proviendraient, suivant M. Siemens, de ce que le peu d'hydrogène que ce charbon contient naturellement se trouve chassé par la chaleur et évacué pendant l'opération du vide; mais M. Aron n'est pas de cet avis et croit que si l'hydrogène intervient dans ce phénomène, ce ne peut être qu'à l'état d'hydrogène combiné, et non sous celui d'hydrogène occlus.

Puisque nous en sommes à la question des charbons, nous devons rappeler ici certaines expériences faites dernièrement par M. Bidwell sur la résistance électrique des contacts en charbon. Ces expériences qui rappellent un peu celles de M. Ferranti faites au moment de la découverte du microphone, montrent que si la pression exercée sur ces contacts et l'intensité du courant sont petites, les résistances changent considérablement en variant la pression : la résistance par l'augmentation de la pression est diminuée, et elle reprend sa valeur primitive lorsqu'on ôte la pression. Un courant continu et une pression constante diminuent la résistance d'une manière permanente, et la diminution sera plus forte si le courant est plus faible.

La diminution de la résistance, en augmentant la pression, se fait dans un rapport beaucoup plus grand que l'augmentation de la pression, parce que l'intensité du courant croît avec cette dernière, mais cette diminution ne paraît pas provenir, suivant M. Bidwell, de l'élévation de la température du contact.

Dans les contacts métalliques, ces effets ne sont pas aussi réguliers, car les diminutions de résistance s'effectuent généralement en sens contraire de l'accroissement du courant ; de sorte que la pression agit en sens inverse du courant, et c'est ce qui fait que les charbons sont meilleurs pour les transmetteurs téléphoniques. D'ailleurs les contacts métalliques ne prennent jamais instantanément après le passage d'un courant leur résistance normale, alors que les contacts de charbon la reprennent instantanément.

Enfin M. Bidwell a constaté que les changements de résistance sont beaucoup plus grands dans le charbon que dans les métaux. C'est du reste ce que j'avais toujours soutenu dans ma discussion

avec M. S. Thompson, et ce qui me faisait penser que le téléphone de Reiss n'avait jamais pu reproduire la parole d'une manière convenable.

TH. DU MONCEL.

APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ

A LA MANŒUVRE DES

SIGNAUX DE CHEMINS DE FER

Deuxième Série

DISQUES MANŒUVRÉS AU MOYEN DE L'ÉLECTRICITÉ

1° Usage de l'électricité pour remplacer les transmissions mécaniques.

Les disques forment, dans l'exploitation des chemins de fer, la base des installations relatives à la garantie de la sécurité de la circulation. Leur usage date, pour ainsi dire, de l'origine des voies ferrées et, si leur forme a subi de nombreuses modifications, leur signification n'a presque pas varié.

L'appareil placé auprès de la voie, tantôt à la droite du mécanicien, tantôt à sa gauche, porte, soit un voyant rond ou carré, soit un bras dont la position peut être horizontale, inclinée à 45°, ou verticale; en l'apercevant, le mécanicien sait qu'il doit ou ralentir son allure, ou s'arrêter immédiatement et d'une manière absolue.

Les signaux avancés, ou disques à distance, rentrent dans la première de ces deux catégories : ce sont les plus répandus. Ils servent à informer le mécanicien de l'existence d'un obstacle, placé sur la voie à quelques centaines de mètres plus loin, en un point que cet agent ne devra pas dépasser.

Il résulte de là que ces signaux, qui doivent laisser, quand on les aperçoit, le temps nécessaire pour qu'on puisse se rendre maître de la vitesse d'un train, sont nécessairement très éloignées du point de la voie qu'ils sont destinés à protéger, et où se trouve le levier servant à les manœuvrer.

Or, malgré l'adoption des freins continus permettant d'enrayer la vitesse des trains dans un espace de 2 à 300 mètres, on n'a pas hésité à conserver les cotes anciennement admises comme des limites inférieures pour l'efficacité de la protection d'un signal avancé, c'est-à-dire 500 mètres, 800 mètres, 1 000 mètres même, selon que les voies sont en rampe, en palier ou en pente. Cette mesure de prudence est d'ailleurs justifiée par la considération que les trains de voyageurs sont, jusqu'à présent, les seuls qu'on munisse de freins continus, et que les trains de marchandises sont restés dans la même situation qu'auparavant, en ce qui concerne la possibilité de s'arrêter rapidement.

Ainsi les disques sont et resteront donc probablement longtemps encore à une distance nécessairement assez grande du point d'où on les manœuvre, cette distance ne pourra même que croître, dans une certaine mesure, pour les raisons suivantes :

Le point de la voie que l'on veut protéger n'est, en effet, pas toujours l'obstacle lui-même, mais souvent le dernier véhicule d'un train arrêté devant cet obstacle, ce qui conduit à placer le disque à 1 200 ou 1 500 mètres de l'obstacle en évaluant à 400 mètres la longueur maxima d'un train. C'est ainsi qu'aux bifurcations le signal avancé qui couvre chaque branche, est ordinairement placé de manière à protéger la queue d'un train arrêté en deçà des croisements à niveau de la bifurcation; de même, dans les stations, on compte au moins 1 200 mètres, à partir de l'axe du bâtiment principal afin de couvrir efficacement un train qui stationne dans la gare.

D'ailleurs, par suite de circonstances locales, cette distance de 1 200 à 1 500 mètres n'est plus, dans beaucoup de cas, qu'un minimum qu'on est obligé de dépasser largement. Car, pour ne pas multiplier les signaux et pour éviter la confusion qui en résulterait, on se sert, en général, d'un même disque pour protéger plusieurs points d'une gare; pour peu que la gare soit longue, qu'elle ait seulement 7 à 800 mètres, qu'elle ne soit pas symétrique par rapport au bâtiment principal, le signal unique est à 2 kilomètres de l'obstacle le plus éloigné. Nous connaissons même des exemples d'une distance de 2 400 mètres.

Dans ces conditions, le fil de transmission qui sert à relier le levier au signal peut prendre un allongement considérable et l'obéissance du signal à la manœuvre du levier risque de devenir irrégulière ou incertaine.

Une excellente note, publiée par M. J. Michel, dans le numéro de novembre 1880 de la *Revue générale des chemins de fer* expose le détail des améliorations qui ont été apportées par M. Dujour, inspecteur principal de la Compagnie de P.-L.-M., de manière à rendre possible le mouvement d'un disque, à des distances de 3 kilomètres et plus, sans dépasser la limite de résistance des fils de $0^m,004$ de diamètre.

Mais cette note est muette sur le prix de revient de ces dispositions; d'ailleurs, l'invention de M. Dujour, excellente pour les disques manœuvrés au moyen d'un seul levier, laisse subsister, sinon toutes les difficultés du moins une partie des complications du problème que l'on a à résoudre, lorsque l'on doit manœuvrer les signaux de plusieurs points différents. Le règlement de la transmission

est extrêmement minutieux, surtout si la ligne est en courbe.

Enfin, sur les lignes à fortes rampes, dans les pays de montagnes où le climat comporte des variations extrêmes de température de 50°, les systèmes de compensation les plus ingénieux sont insuffisants à assurer le bon fonctionnement des fils de transmission, la fréquence des ruptures de fils et des *ratés* dans la manœuvre du signal, le soin extrême qu'exige l'entretien des transmissions, précisément sur des lignes secondaires qui comportent un personnel moins nombreux, les risques que courent les transmissions dans le cas de chutes de neige abondantes, sont des motifs très sérieux, auxquels vient s'ajouter la question de l'impossibilité presque absolue d'adapter plus de trois leviers à un même signal, etc., et qui justifie l'idée qu'ont eue depuis longtemps quelques inventeurs, de faire usage de l'électricité pour manœuvrer les disques à distance.

Cette idée, avons-nous dit, est fort ancienne : on en trouve la trace dans le 1er volume de l'*Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens* (p. 218). Mais, ce n'est guère qu'en 1867 que fut produit le premier système réellement pratique, celui de Léopolder, qui figurait à l'Exposition universelle de Paris.

Depuis cette époque, et surtout à partir de 1874, le nombre des appareils manœuvrés exclusivement à l'aide de l'électricité, s'est accru en raison de la confiance qu'on a de plus en plus accordée à son intervention. C'est principalement en Autriche que les inventeurs ont rivalisé dans leurs ingénieuses conceptions, mettant à profit la tendance marquée des administrations de chemins de fer de cette région vers un abandon complet et définitif de transmissions par fils.

Dans ces dernières années, les perfectionnements successivement apportés au Block-system, l'intervention de l'automaticité ont appelé l'attention générale sur cette question, et la solution du problème consistant à faire mouvoir, au moyen de courants électriques, un signal de grande dimension capable d'être aperçu des mécaniciens, a été l'objet des recherches d'un grand nombre d'inventeurs.

Nous avons examiné, dans un précédent article, ceux de ces appareils qui empruntent leur mouvement à l'action des trains eux-mêmes, c'est-à-dire les disques électriques et automatiques; nous n'aurons donc qu'à les rappeler. Nous laisserons, d'autre part de côté les appareils de Block-system proprement dits, qui feront l'objet d'une étude ultérieure, il ne restera, par conséquent, que les signaux dégagés de tous les accessoires du Block-system, c'est-à-dire ceux que l'on efface et que l'on met à l'arrêt d'un même point par l'intervention d'un agent pour couvrir au point fixe de la voie. C'est à cette définition que nous limiterons désormais les disques électriques.

2° *Mode d'emploi de l'électricité.*

Lorsqu'on a admis, en principe, l'emploi de l'électricité pour manœuvrer les disques ou les sémaphores qui servent à garantir la sécurité de la circulation, il s'agit de déterminer dans quelles conditions se fera cette application, en d'autres termes, quels seront le générateur et le récepteur de la force électrique; or, nous avons le regret de l'avouer, les solutions que l'on a jusqu'à présent proposées pour ce problème ne sont que de véritables subterfuges, on n'a pas abordé la question de face, et on n'a pu, par suite, la résoudre que par des moyens détournés qui comportent la somme habituelle d'inconvénients inhérents à ce genre de solution.

En effet, au lieu de produire, au point d'où l'on manœuvre le signal, une certaine quantité d'électricité qui se transmettrait au signal par un fil télégraphique, pour se transformer ensuite en un mouvement de rotation faisant tourner le voyant du disque ou l'aile du sémaphore, la plupart des inventeurs se sont bornés à n'employer qu'un faible courant électrique destiné à déclencher une force accumulée à l'avance, telle que celle de la pesanteur, rarement celle de l'aimantation. Il en résulte qu'un disque électrique n'est, dans ces conditions, qu'une horloge dont il faut remonter périodiquement le poids ou le ressort moteur et que l'avantage d'un tel système, en comparaison des signaux à transmissions mécaniques est chèrement payé par cet assujettissement, et par les chances d'irrégularités auxquelles donnerait lieu un oubli de la part de l'agent chargé de remonter le mécanisme.

Frappés de ces inconvénients, quelques inventeurs et parmi eux, un Américain, M. Hall, MM. Leblanc et Loiseau, M. Lartigue, ont cherché à s'y soustraire en obtenant le mouvement du signal par une simple oscillation entre des bobines d'électro-aimant, alternativement traversées par des courants qui attirent passagèrement leur armature. Au lieu d'électro-aimants ordinaires, on a aussi eu recours à des électro-aimants Hughes, désarmés par le passage des courants et contre lesquels vient alternativement adhérer la queue du levier d'oscillation du signal; mais le principe est exactement le même.

Dans les deux cas, même en ayant recours à des bobines ou à des aimants d'une puissance considérable, on n'a pu jusqu'ici faire mouvoir par ce moyen des appareils robustes comme doivent l'être des disques exposés aux intempéries atmosphériques et aux vibrations produites par le passage des trains; on s'est borné à faire osciller des masses très peu considérables, dont les organes

sont nécessairement très délicats ; aussi, les Américains qui ont voulu néanmoins les utiliser comme signaux s'adressant, en pleine voie, à des mécaniciens, ont-ils été réduits à les enfermer dans des boîtes bien étanches et vitrées où ils sont à l'abri du vent, mais non des trépidations, et où d'ailleurs ils perdent la plupart de leurs avantages sous le rapport de la visibilité, jusqu'au jour où la vitre est brisée par la tempête et où l'appareil est complètement perdu.

En dehors de ces deux catégories de signaux, nous ne croyons pas qu'il existe de disques *directement* manœuvrés par l'électricité. Il est probable que cette situation changera, surtout maintenant que la question de la transmission de l'énergie électrique à de grandes distances a fait un pas décisif, à la suite des expériences entreprises par M. Marcel Deprez, aux ateliers du chemin de fer du Nord et à Grenoble. Ce qu'on a pu faire, pour une force de 5 chevaux, à 18 kilomètres, il est évident qu'on le réalisera plus facilement encore dès l'instant qu'il ne s'agira que d'un effort de 3 à 5 kilos et d'une distance de 2000 mètres à peine. La voie est donc ouverte, dans ce sens, à l'inventeur qui voudra combiner la transmission du mouvement de rotation rapide et continue de la machine réceptrice, en un mouvement alternatif lent, ayant seulement l'amplitude d'un quart de tour.

En résumé donc, nous avons à examiner successivement, dans cette étude, les disques et signaux à mouvement d'horlogerie qui forment une majorité compacte, et quelques rares appareils à oscillation.

Avant d'aborder cette revue, il nous paraît utile de formuler brièvement à quel programme doivent répondre les signaux en question pour donner satisfaction aux exigences d'un service d'exploitation de chemin de fer. Nous éviterons ainsi des redites dans le cours de la description successive des appareils :

1° Il faut qu'un disque électrique présente le même degré de sécurité qu'un disque manœuvré au moyen de transmissions mécaniques ; c'est-à-dire qu'il se mette ou qu'il reste à la position d'arrêt, lorsqu'il survient un dérangement quelconque, lorsque le fil télégraphique se rompt ou se mélange avec d'autres fils, lorsque le mécanisme se détraque ou cesse de fonctionner ; enfin lorsque le mécanisme a besoin d'être remonté ;

2° Il est nécessaire que le signal soit parfaitement solide et à l'abri des influences extérieures, aussi bien des trépidations produites par le passage des trains, que des courants atmosphériques qui pourraient provoquer indûment la manœuvre du signal, si l'on ne prenait des précautions spéciales pour se mettre à l'abri de cette éventualité ;

3° L'installation, la surveillance et l'entretien de l'appareil doivent être aussi simples, aussi économiques que possible.

En admettant que l'on passe sur les inconvénients que nous avons signalés plus haut comme résultant, d'une part de l'emploi de mouvements d'horlogerie, d'autre part de l'impuissance des appareils à oscillation, il est certain qu'un appareil qui remplirait exactement toutes les conditions du programe précédent pourrait, dans l'état actuel, rendre de bons services dans quelques cas spéciaux. La substitution de ces disques à ceux dont on faisait usage jusqu'à présent sur quelques réseaux de l'Autriche, sur le chemin de fer du Saint-Gothard, etc., est d'ailleurs une preuve que la somme des avantages présentés par ces appareils surpasse souvent la somme de leurs inconvénients et que, faute d'avoir pu appliquer la solution parfaite, qui est encore à trouver, on doit, dans beaucoup de cas, se borner à réaliser un progrès relatif.

3° *Appareils à mouvement d'horlogerie* (1).

Il est presque superflu de faire remarquer que ces appareils, qui sont les plus répandus, sont aussi les premiers en date. Ainsi que nous l'avons dit, l'électricité n'y est employée que pour déclencher, d'une manière intermittente, l'action d'une force accumulée à l'avance, celle de la pesanteur ou d'un ressort. Ce déclenchement est obtenu soit par l'envoi d'un courant électrique, soit par la rupture d'un circuit permanent, soit par une série de courants induits. L'usage des ressorts, comme force motrice, est extrêmement rare ; nous n'en connaissons guère qu'un exemple, aux Etats-Unis, pour l'un des signaux de Block-system que nous avons signalés en parlant des appareils à contacts fixes. On s'explique d'ailleurs la préférence accordée à la pesanteur dont les effets sont plus faciles à régler et mieux connus. Les ressorts ne sont guère employés que pour les disques dont le voyant est mis à l'abri des influences atmosphériques, à l'intérieur d'une boîte vitrée, ce qui le place d'ailleurs dans de moins bonnes conditions, au point de vue de la visibilité.

Cela posé, nous examinerons successivement les divers systèmes connus en passant rapidement sur ceux qui, déjà anciens, ne sont plus aujourd'hui l'objet d'aucune application. L'ordre que nous suivrons sera, d'ailleurs, à peu de chose près, celui de l'excellent ouvrage de MM. Kohlfurst et Zetsche, auquel il n'y a que peu d'additions à faire.

(1) Le sujet que nous traitons n'est pas nouveau : il a été successivement étudié par M. L. Kohlfurst (Prague 1877), par nous-même dans la *Revue générale des Chemins de fer* (décembre 1879), enfin par MM. Kohlfurst et Zetsche, dans un ouvrage très complet auquel nous ferons des emprunts très fréquents.

SIGNAL LÉOPOLDER.

C'est le plus anciens des disques électriques essayés sur les lignes de chemins de fer. Il figurait à l'Exposition universelle de 1867 à Paris : mais il a eu contre lui la forme toute particulière que l'inventeur avait donnée au voyant et qui, n'étant pas conforme au type fixé par l'administration, n'a pu être adoptée. Ce voyant était, en effet, formé d'un tambour fixe A (fig. 1) supportant la lanterne L, et muni, à sa partie inférieure d'un disque demi-circulaire S, qui est fixe et de couleur rouge. Derrière ce disque est caché un second disque rouge semi-circulaire, et mobile autour de l'axe *a* ; dans cette position le signal indique la voie libre. Lorsqu'on fait tourner ce second disque, de manière qu'il vienne occuper exactement la position de la partie supérieure S_2, l'appareil est entièrement rouge et la nuit, une vitre à verre rouge placée sur une ouverture du disque mobile donne un feu rouge à la lumière de la

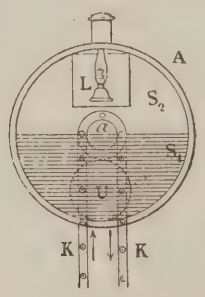


FIG. 1. — DISQUE LÉOPOLDER

lanterne L. Le disque est alors à la position d'arrêt.

La rotation de l'axe *a* est obtenue par une chaîne sans fin K K commandée par un mouvement d'horlogerie ordinaire. Le déclenchement de ce mouvement est réalisé au moyen d'un interrupteur ordinaire à galvanomètre, du même type que ceux des sonneries à cloche.

Ce système a un inconvénient inhérent à la forme même de la demi-lune mise en mouvement. Le disque n'étant pas équilibré, faute de symétrie autour de l'axe de rotation, l'effort exercé n'est pas constant : il eût d'ailleurs été facile de remédier à ce défaut de symétrie et de tenir compte de cette objection.

SYSTÈME DE SCHŒNBACH.

La forme du signal auquel cet inventeur a adapté la manœuvre électrique, est variable. Dans le premier brevet qu'il a pris, il est question d'une sphère résistant mieux à la pression du vent, et montrant successivement, lorsqu'elle tourne de 90° autour d'un axe vertical, tantôt pour la position d'arrêt un damier rouge et blanc disposé comme sont les voyants des signaux d'arrêt absolu, sur les chemins de fer français, tantôt pour la position de voie libre, un carré blanc entouré d'une bordure rouge. Une lanterne située au centre du globe, éclairait la nuit ces signaux par transparence.

Ce signal fut, en effet, installé dans quelques stations à la ligne à voie unique de Neuberbach à Kirchstætten, sur le réseau de l'Impératrice Elisabeth (Ouest-Autrichien). Dans ces conditions, le signal était simplement destiné à être placé en un point central de chaque station pour corroborer l'avis acoustique donné par les sonneries à cloche, depuis longtemps en usage sur cette ligne, en vue de prévenir la rencontre de deux trains circulant en

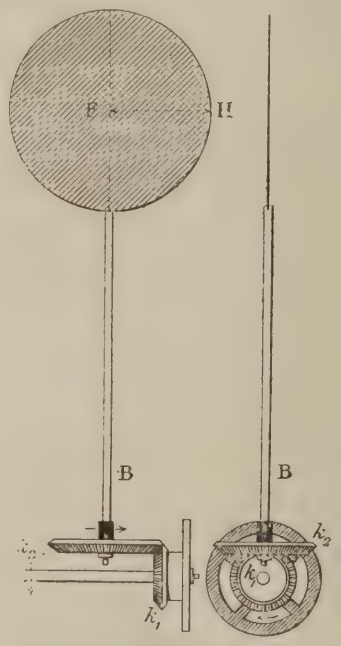


FIG 2. — DISQUE SCHŒNBACH

sens contraire. Il était installé sur le circuit des cloches ; le déclenchement produit par l'interruption du courant faisait passer le signal de la voie libre à l'arrêt quand un train partait de la station voisine. On ne le remettait à la main à la position de voie libre, qu'au moment de l'arrivée du train annoncé.

A ce signal assez primitif, l'inventeur substitua, en 1872, un véritable disque mis en mouvement, comme l'indique la figure 2 ci-contre, par une paire de roues d'engrenages d'angle k_1 k_2 montées l'une k_1 sur l'axe du mouvement d'horlogerie, l'autre k_2 sur le mât B du voyant. Le mouvement de rotation étant continu, pour passer d'une position à l'autre, l'axe doit alternativement tourner de 90° à 270°. Le voyant à un diamètre F H = 0,^{m} 41 ; son axe repose sur une large pyramide quadrangulaire en bois, d'une hauteur de 3^{m}.

Le mécanisme moteur est sollicité par la chute d'un poids de 30k dont la corde s'enroule sur un tambour R monté sur l'axe a_1 (fig. 3). Le mouvement de rotation se communique par un train d'engrenage a_1 à l'axe a_2, sur lequel est fixé un disque échancré en prise avec l'un des bras du levier de déclenchement H. Le déclenchement est électriquement obtenu au moyen d'une fourchette sur le détail de laquelle nous insisterons, parce que cette disposition analogue se retrouvera, à chaque instant, dans les appareils que nous aurons ultérieurement à passer en revue.

L'armature A de l'électro-aimnnt M est fixée à l'extrémité d'un bras *h* oscillant autour du même axe *x* que la fourchette G; lorsque cette armature s'abaisse ou s'élève, suivant qu'elle est attirée ou repoussée par l'aimantation du noyau de la bobine M, la fourchette G s'incline à droite ou à gauche. Dans ce mouvement une tige prismatique *e*, fixée perpendiculairement à l'extrémité du levier de

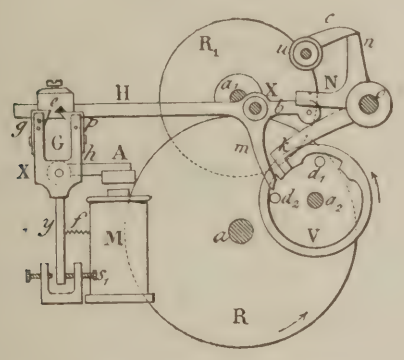


FIG. 3. — MÉCANISME DU DISQUE SCHŒNBACH

déclenchement H, tombe d'un des becs terminant les bras de la fourche sur l'autre, et finalement entre les deux bras. A cet effet, ces becs triangulaires sont disposés, celui de droite à une hauteur moindre que celui de gauche, en outre ils sont articulés autour des bras de la fourche et constamment ramenés vers l'intérieur par deux ressorts *gp*. Lorsque le prisme *e* est tombé entre les bras de la fourche et que le levier H est automatiquement ramené à sa position initiale, le prisme *e* soulève, en remontant, chacun des becs et surmonte la résistance des ressorts.

Cet échappement à fourche n'est pas de l'invention de Schœnbach; la première idée remonte au docteur Kramer en 1847. Mais elle a été reprise et modifiée par tous ceux qui se sont occupés d'horlogerie électrique, et notamment dans les premières sonneries construites par M. Léopolder à Vienne.

La manœuvre du signal de Schœnbach se fait au moyen d'une manivelle, qui ne tourne que dans un seul sens, vers la droite, et qui peut occuper trois positions distinctes, en face desquelles sont inscrits les mots : « Repos ». — « Signal ». — « Rappel du disque. »

Au repos, le circuit de la ligne se trouve interrompu, et le levier H repose, comme l'indique la figure 3 par son prisme *e*, sur le bec de droite de la fourche, c'est-à-dire sur le plus bas.

Quand on amène la manivelle à la seconde de ses positions, « *signal* », le circuit se trouve fermé, l'électro-aimant M attire l'armature A, le prisme *e* échappe au bec qui le soutenait et le levier H tombe à l'intérieur des bras de la fourche. En même temps, son extrémité *b* s'élève, soulève par l'intermédiaire d'une petite pointe le bras N, et fait échapper le crochet *c* au doigt *n*. En outre, le troisième bras *k* du levier monté sur l'axe *o* dégage l'échancrure du disque V monté sur l'axe a_2 et le mouvement d'horlogerie se trouve déclenché.

Quand le signal a fait un quart de tour, qui l'amène de la position de voie libre à la position

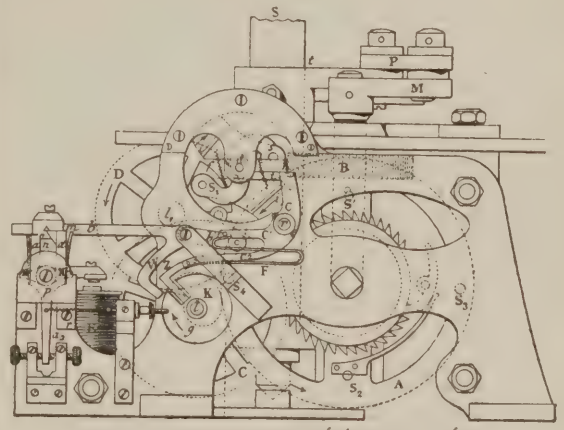


FIG. 4. — DISQUE TEIRICH. — ÉLÉVATION LATÉRALE

d'arrêt, un doigt *d*, monté sur la face latérale du disque V vient butter sur le bras *m* du levier H et oblige le prisme *e* à remonter entre les bras de la fourchette, jusqu'à ce qu'il soit sur le bec *g*. Le doigt *b* ne soutenant plus le bras N élevé, le crochet *k* vient enclencher de nouveau le mouvement, en se plaçant dans la deuxième échancrure du disque V.

Le disque étant à l'arrêt, pour le remettre à voie libre, il faut, ainsi que nous l'avons dit au début, lui faire faire trois quarts de tour, puisque son mouvement de rotation est continu et non pas alternatif. On amène la manivelle de la position de « *signal* » à la position « *Rappel du disque* ». Le circuit est successivement interrompu puis rétabli, l'armature fait deux oscillations et le prisme tombant de nouveau entre les bras de la fourche après avoir *cascadé* du bec *g* sur le bec *p*, le mouvement est encore déclenché, l'arrêt n'a lieu cette fois qu'au moyen du doigt d_2 situé à 270° du doigt d_1 sur le disque V.

Mais ce n'est pas tout. Pour que le courant ne circule pas en permanence sur la ligne, on ramène la manivelle au « *repos* » en interrompant le circuit, l'armature A se détache et le prisme *e* tombe du bec *g* sur le bec *p*.

L'inégalité des arcs décrits par le disque suivant qu'on le met à l'arrêt ou à voie libre, l'infraction à la règle qui consiste à faire tourner sa face rouge en dehors de la voie, c'est-à-dire *aux champs*, lorsqu'il est effacé, enfin la nécessité de ne pas omettre de ramener, par une troisième manœuvre, la manivelle au repos, lorsque le disque est à voie libre, sont des inconvénients qui paraissent suffisants pour expliquer l'abandon de ce système.

SYSTÈME TEIRICH

Le brevet de M. Ferdinand Teirich se réduit à des perfectionnements apportés au système de Schœnbach, notamment en vue de l'application de courants d'induction pour la manœuvre du signal.

Ces appareils sont en usage en Autriche sur les réseaux de la Südbahn, de la Südwestbahn, de la Salzkammergutbahn, sur celui de l'Impératrice Elisabeth.

Le premier perfectionnement apporté par M. Teirich a été de ramener le type de l'appareil à rotation continue, de Schœnbach, à un type à mouvement alternatif, d'une amplitude de 90°. Dans quelques cas, c'est une aile sémaphorique, au lieu d'un disque rond, mais le mouvement n'en est pas moins alternatif. Quoi qu'il en soit, la lanterne-signal est généralement fixe et le feu de couleur est donné par une vitre recouvrant une ouverture du disque, ou de l'aile sémaphorique qui vient se placer devant la lanterne, lorsqu'on manœuvre le signal.

Ainsi que l'indiquent les figures 4 (élévation) et 5 (plan) l'axe S du signal est commandé par une manivelle *t*, articulée en N avec une bielle P qui conduit la manivelle M. Celle-ci est calée sur l'axe d'une roue d'engrenage B qui a 30 dents, tandis que la roue A, montée sur l'axe du mouvement d'horlogerie, en compte 60, disposées au pourtour de sa face latérale. Ainsi, pour chaque tour de la roue D, la roue A fait un quart de tour, la roue B en fait la moitié d'un quart et le signal passe de l'une à l'autre de ses deux positions.

Le mécanisme de déclenchement est, à peu de chose près, le même que celui de Schœnbach. Mais le principe est totalement différent. Ici la ligne est normalement parcourue par le courant quand le signal est à voie libre et c'est à l'interruption du circuit électrique qu'est due, au contraire, la mise à l'arrêt du signal. On y trouve cet avantage qu'une rupture du fil, une influence atmosphérique, n'ont d'autre conséquence que de faire mettre le disque à l'arrêt s'il n'y était déjà. C'est une des conditions que nous avons énoncées au début et que ne remplissait pas l'appareil précédent.

Il en résulte quelques différences dans la disposition du mécanisme.

Quand le signal est à l'arrêt, l'armature A étant libre et la fourchette inclinée vers la gauche, le prisme fixé à l'extrémité du levier de déclenchement *b* repose sur le bec le plus haut et le plus long de la fourchette *p a a'*, celui de droite, et à la position de voie libre, la fourchette étant inclinée vers la droite, le prisme repose sur le bec le plus court, celui du manche; pour obtenir l'oscillation qui doit provoquer l'effacement du signal, il faut émettre un courant passager, l'interrompre et enfin le laisser se rétablir d'une manière permanente. Le prisme *cascade* d'un bec sur l'autre et tombe entre les bras de la fourchette. Mais, pour

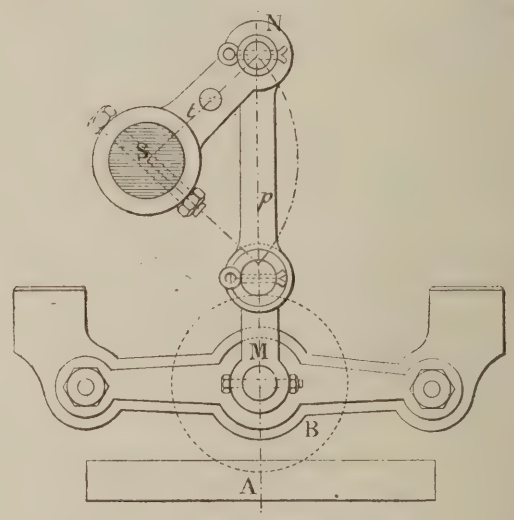


FIG. 5. — DISQUE TEIRICH. — PLAN

ramener le signal à l'arrêt, il suffit d'une interruption prolongée du courant, et le prisme tombe simplement du bec de gauche entre les bras de la fourchette.

Dans les deux cas, le levier *b* soulève, avec son extrémité *b'*, le levier à trois becs *c c' c²*, mobile autour de l'axe *r*, dégage le crochet *h'* et fait sortir le bras *z* de l'encoche pratiquée sur le disque *g*; le mouvement d'horlogerie est alors déclenché et la roue F fait un tour. Un doigt S'_4 vient, pendant ce temps, butter sur le levier *w* et ramener le levier de déclenchement *b* à sa position initiale. En outre, un ressort appuie sur le levier *c c' c₂* pour faire reprendre au bras *z* sa position dans l'encoche du disque *g*, dès que celle-ci se présente en face de lui. Le mécanisme est alors embrayé.

Sur l'axe *d* du crochet *h'* sont montés deux bras $S S_1$ (fig. 6) munis de sabots de frein *i i* qui, lorsque le mécanisme est en mouvement, sont appliqués par la force centrifuge contre l'anneau

plein R. L'action de ce frein ne se fait sentir que si la manœuvre du disque ne rencontre aucun obstacle, tel que la pression du vent.

Nous avons fait remarquer que, grâce à la présence d'un courant permanent sur la ligne, quand le disque est à voie libre, la rupture du fil ou tout autre dérangement de même nature a pour effet de

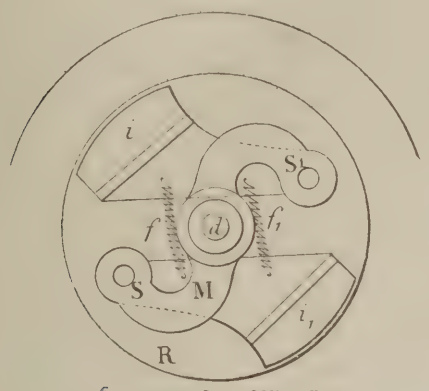


FIG. 6. — FREIN DU DISQUE TEIRICH

mettre le disque à l'arrêt. Mais il pourrait arriver qu'un courant atmosphérique, survenant pendant que le disque est à l'arrêt, eût pour effet de le ramener à voie libre, ce qui serait beaucoup plus grave. M. Teirich a obvié aux conséquences

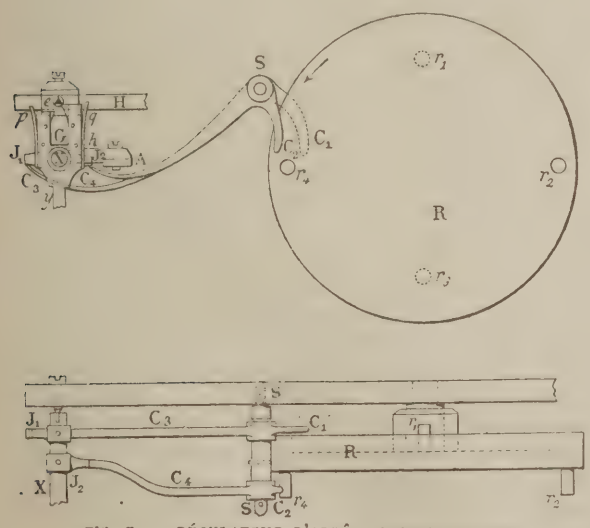


FIG. 7. — RÉGULATEUR D'ARRÊT DU DISQUE TEIRICH

que pourrait avoir l'action de l'électricité atmosphérique, en adaptant à l'appareil un organe spécial, représenté en plan et en élévation à la fig. 7.

C'est une roue R, montée sur l'axe du mouvement d'horlogerie et munie sur chacune de ses faces de quatre pointes r_1 r_2 r_3 r_4, disposées aux extrémités de deux diamètres à angle droit. Lorsque cette roue tourne dans le sens de la flèche, ces pointes viennent alternativement butter contre les bras C_1 C_2 des deux leviers C_1 C_3 C_2 C_4 oscillant autour d'un axe commun S. L'autre bras de chacun de ces leviers est en prise avec l'un des bouts de la pièce J_1 J_2 fixée sur l'axe d'oscillation X de la fourchette *pqy*, suivant que l'armature A est ou n'est pas en contact avec le noyau de l'électro-aimant. Dans la position indiquée à la figure 7, lorsque le disque est à l'arrêt, le circuit est interrompu ; supposons qu'un courant soit envoyé dans le fil de ligne, le déclen-

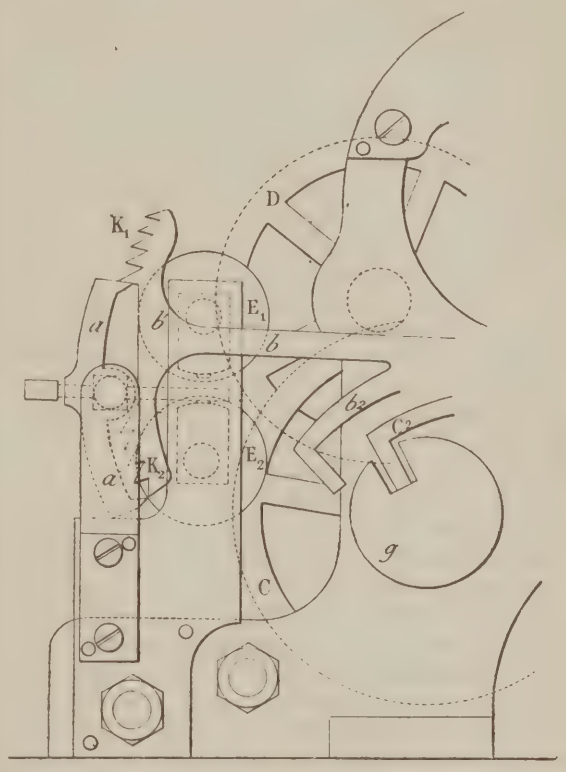


FIG. 8. — ÉCHAPPEMENT A ANCRE DU DISQUE TEIRICH

chement a lieu et le prisme *e* tombe entre les bras de la fourchette, puis, lorsque le levier H se relève, ce prisme vient reposer sur le bec *p* ; mais si, au lieu d'être permanent, comme il arrive quand on a voulu *intentionnellement* effacer le signal, le courant n'est que momentané, comme celui produit par une décharge d'électricité orageuse, par exemple ; l'armature A se détache bien avant que la roue R ait fait un quart de tour, la pièce J, rejetée en arrière avec la fourchette, maintient le levier c c_1 dans une position telle que le bras C_1 est atteint au passage sur la poulie r_1, il en résulte une oscillation de la fourchette, et le prisme est de nouveau détaché pour venir enfin se replacer sur le bec *q* correspondant à la position d'arrêt.

Il en serait de même, au moyen du taquet J_2 du levier C_2 C_1 et des pointes r_2 r_4 si un courant de

sens inverse à celui qui circule dans la ligne, pendant que le disque est à voie libre, était venu intempestivement changer la position de ce signal. En d'autres termes, toute émission ou rupture *momentanée* (et par suite accidentelle) du courant est sans effet, grâce à l'addition de ce mécanisme complémentaire, auquel on ne pourrait reprocher que son extrême délicatesse, qui complique encore un système déjà susceptible, par lui-même, de se déranger fréquemment.

Il nous reste à indiquer quelle est la disposition d'échappement à ancre prise par l'inventeur pour obtenir le déclenchement de son signal, au moyen des courants d'induction.

Dans ce cas, le levier de déclenchement *b* (fig. 8), au lieu d'être terminé par un prisme, comme dans l'échappement à fourchette, porte un peigne *b'* armé de deux séries de dents k_1 k_2 qui sont en prise avec l'ancre oscillante *a a* qui porte elle-même un bec à chaque extrémité et qui est solidaire de l'armature *y*, attirée tantôt contre la bobine E_1, tantôt contre la bobine E_2.

Il résulte de là que la descente du peigne ne peut s'effectuer qu'après une série d'oscillations de l'ancre dont les deux becs échappent successivement toutes les dents du peigne ; le reste du mécanisme est semblable à celui que nous venons de décrire pour les appareils fonctionnant au moyen de courants continus, à l'exception toutefois de l'organe spécial destiné à prévenir l'effet des courants atmosphériques. En effet, pour que le déclenchement s'opère au moyen des courants d'induction, il faut une série de 5 ou 6 alternances, que l'on obtient en tournant la manivelle de l'inducteur, au point d'où le disque est manœuvré. Si donc l'appareil est traversé par un simple courant galvanique, comme cela a lieu dans l'action des orages, il peut arriver qu'une ou deux dents du peigne échappent à l'ancre, mais jamais le déclenchement n'est complet et le signal conserve bien la position qu'on avait voulu lui donner.

Comme appareil de contrôle, on emploie une pile intercalée sur un fil spécial, une sonnerie placée près du poste de l'aiguilleur qui manœuvre le signal, une autre à l'extérieur de la gare, et un appareil optique dans le bureau du télégraphe de la station. Quand l'appareil est à l'arrêt, le signal ferme lui-même le circuit de contrôle, les sonneries tintent et l'on aperçoit un voyant rouge dans l'appareil de contrôle. Quand le signal commence à passer de la position d'arrêt à la position de voie libre, le circuit se trouve interrompu, puis fermé de nouveau un peu de temps avant que le disque soit exactement effacé, de sorte que les sonneries tintent encore quelques coups et que le voyant reste au rouge jusqu'à ce que l'effacement soit complet.

Nous nous sommes étendus un peu plus longuement sur cet appareil qui peut servir de type, de manière à nous dispenser d'insister ultérieurement sur les parties des autres systèmes qui se rapporteraient à celles déjà décrites.

DISQUE WEYRICH

Ce signal date de 1874. Il est assez distinct de ceux que nous avons précédemment examinés.

Le disque est à mouvement alternatif de révolution et décrit un arc de 90° chaque fois qu'on le fait passer de l'une à l'autre de ses deux positions ;

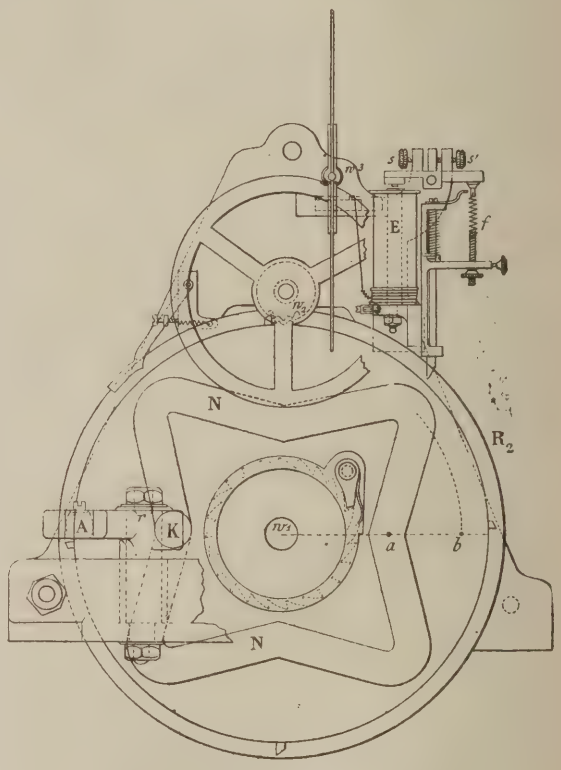


FIG. 9. — DISQUE WEYRICH. — ÉLÉVATION

à cet effet, sur l'axe *w'* (fig. 9 et 10) du tambour T du mouvement d'horlogerie est montée une roue R de 0,03 d'épaisseur qui porte sur sa face postérieure une rainure quadrangulaire N, dont les côtés sont brisés et qui conduit un bouton K placé à l'extrémité d'un levier oscillant autour de l'axe *r*. L'autre bras A commande, au moyen d'une rainure, la manivelle *z* calée sur l'arbre du signal. Chaque fois que la roue R_2 fait un huitième de tour correspondant à la moitié de l'un des côtés de la rainure, le bouton K et le levier A se déplacent de manière à faire occuper à la manivelle *z z* deux positions à angle droit et à mettre le signal à l'arrêt ou à l'effacer.

Dans un modèle plus récent (1875), la manivelle *z* est remplacée par un arc denté qui engrène avec un

autre secteur monté à l'extrémité du levier A. Dans ce cas, le mouvement de rotation est arrêté, chaque fois que le disque atteint l'une ou l'autre de ses positions, par une pointe d'acier qui s'enfonce sur le secteur de l'arbre du disque, et qui est re-

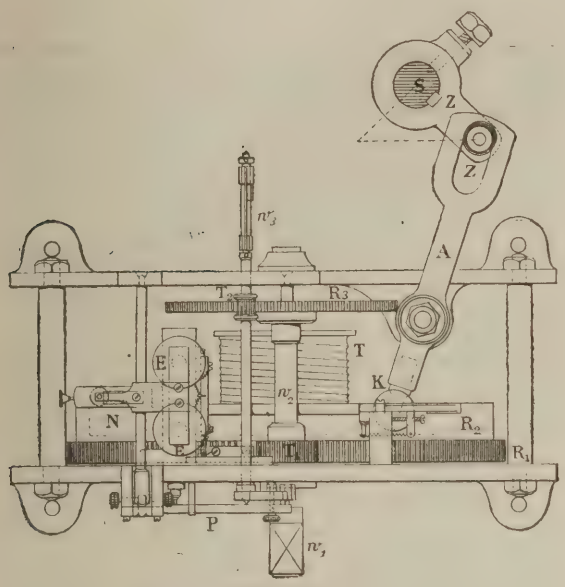


FIG. 10. — DISQUE WEYRICH. — PLAN

levé en même temps que le déclenchement a lieu, par un taquet fixé au mouvement d'horlogerie. Cette variante est en usage sur quelques lignes de

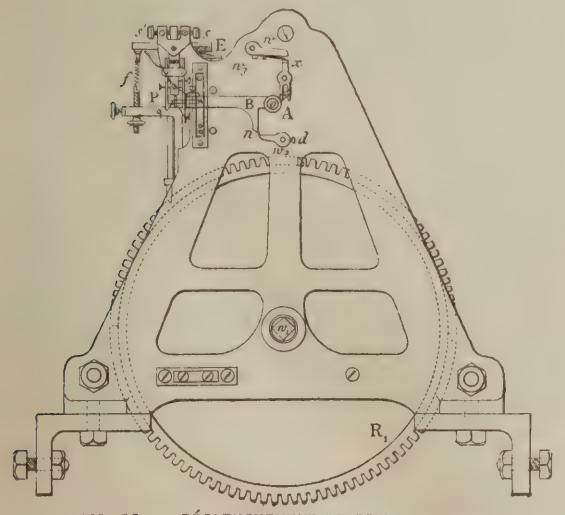


FIG. 11. — DÉCLENCHEMENT DU DISQUE WEYRICH

la Hongrie (Nord-Ouest, Ouest, chemin de la Theiss, Raab à Œdenbourg et à Ebenfurth) et sur le chemin de l'Istrie.

Le système de déclenchement de M. Weyrich est très simple; c'est un échappement à fourchette renversé, dont le détail est représenté à la fig. 11.

Lorsque le disque est à l'arrêt, aucun courant ne circule dans le fil de ligne et l'extrémité du levier B de déclenchement repose, par sa pointe, sur le bec *q* le plus élevé de la fourche. Pour effacer le signal, on interrompt le courant d'abord momentanément, puis d'une manière permanente; l'oscillation de l'armature E de la fourche fait tomber le levier de *q* en *p* et ensuite le fait échapper au bec *p*. Dans ce moment, son extrémité déclenche l'arrêt *x* qui retenait le crochet *w* monté sur l'axe w_3, portant une roue qui engrène avec la roue dentée principale R_1 du mouvement de l'horlogerie w_1. Un autre doigt *u* vient arrêté le doigt *d* monté sur un 3e axe w_2 quand la roue principale a fait un huitième tour, et le levier B est ainsi ramené automatiquement de manière que son extrémité repose sur le bec de droite *p*.

Pour faire passer le signal de la position de voie libre à la position d'arrêt, il suffit d'interrompre le circuit et les choses se passent comme il vient d'être dit, à cette différence près, que grâce à la position inclinée de la fourchette, le levier B se réenclenche sur le bec *q*.

Tel que nous venons de le décrire, l'appareil n'échapperait pas à l'influence perturbatrice des courants atmosphériques. Aussi M. Weyrich a-t-il pris des dispositions spéciales pour le mettre à l'abri de cette éventualité. Sur la face rainurée de la roue qui commande le mouvement du signal se trouvent fixées huit clavettes disposées sur deux rangées circulaires et correspondant aux huit angles de la rainure; quatre d'entre elles peuvent soulever une pièce placée près de l'armature de l'électro-aimant, de manière à amener cette armature au contact; les quatre autres agissent sur une pièce semblable destinée, au contraire, à éloigner l'armature du contact. Une fois que la clavette a passé dans le mouvement de rotation de la roue elle cesse d'avoir aucune influence sur l'armature; de sorte que si l'influence qui avait motivé le déclenchement du signal était purement passagère et accidentelle, un nouveau déclenchement ramène automatiquement le signal à la position qu'il avait primitivement, avant que l'irrégularité vînt se produire.

En d'autres termes, on peut caractériser ce dispositif, ainsi que celui dont il a été question précédemment en les considérant comme des rappels de déclenchement qui sont sans effet s'il s'agit d'une rupture ou d'une émission permanente de courant, mais qui entrent, au contraire, en jeu dès qu'un courant, passager a produit un effet sur lequel on ne comptait pas.

(A suivre) M. COSSMANN.

A PROPOS DES EXPÉRIENCES DE M. CARDANI

SUR QUELQUES FIGURES

OBTENUES PAR L'ÉLECTROLYSE

La Lumière Electrique, dans le numéro du 8 décembre, p. 471, contient un article de M. Cardani *Sur quelques figures obtenues par l'électrolyse*, dont l'idée première se trouve dans les expériences de La Condamine : *Sur une nouvelle espèce de végétations métalliques*, travail inséré dans les *Mémoires de l'Académie des sciences* de 1731, p. 655, édition in-12, et de 1735, édition in-4°. Les recherches du savant français sont accompagnées de figures nombreuses tout à fait semblables à celles que donne M. Cardani.

Bien qu'elles n'aient pas été obtenues par voie électrolytique proprement dite, les végétations métalliques de La Condamine ont néanmoins la même origine électrochimique que celle de l'expérimentateur italien. D'ailleurs les procédés diffèrent peu dans les deux cas : couche mince d'un sel d'argent sur une lame de verre, décomposition du sel et mise à nu du métal ; au lieu des électrodes en platine de M. Cardani, l'expérimentateur français emploie des métaux oxydables.

Les formes des dendrites, des rameaux et ramuscules sont analogues en ces deux circonstances.

Voici un extrait du mémoire de La Condamine :

Sur une nouvelle espèce de végétations métalliques.

« Si l'on verse sur une agate polie ou sur un morceau de glace ou de verre plat, quelques gouttes de dissolution d'argent, qu'on les étende sur la surface du verre, et qu'après l'avoir posé horizontalement, on place au milieu de la liqueur épanchée un petit morceau de fer, par exemple, un clou posé sur sa tête, à l'instant, il se fera une petite fermentation très sensible autour du clou, d'où partiront en tous sens, comme les rayons d'un cercle, de petits filets d'argent très déliés qui croîtront à vue d'œil, et quelque temps après, on verra plusieurs figures d'arbrisseaux avec des branchages très distincts, dont les tiges partant toutes de la tête du clou, comme d'un centre commun, s'étendront de tous côtés sur la surface du verre, à plusieurs pouces de distance, en se subdivisant en plus petits rameaux dans tout l'espace occupé par la dissolution.

« Ces rameaux auront la couleur et le brillant de l'argent dans toute leur étendue, si ce n'est aux environs du centre, où la couleur sera rougeâtre et ternie par un amas de rouille qui se fera autour de la tête du clou. Cette rouille occupera plus on moins d'espace, selon que l'on aura mis plus ou moins de dissolution, et qu'on laissera séjourner le clou plus ou moins longtemps. La couleur de rouille se communiquerait même de proche en

FIG 1

proche à toutes les branches, si on laissait le clou plusieurs jours, et qu'il y eût assez de dissolution pour ne pas se sécher en peu de temps.

« Les figures de branchages sont d'ordinaire aussi

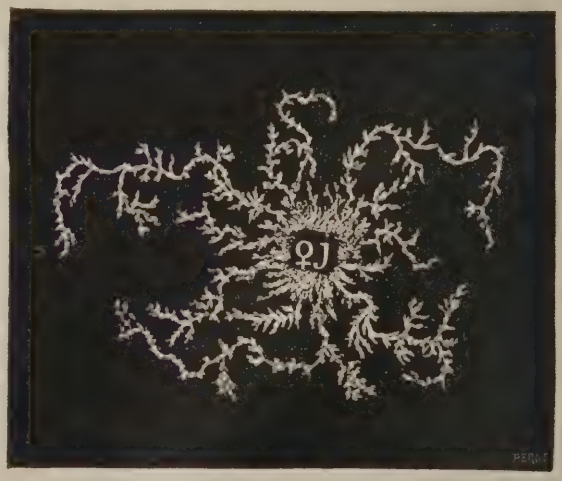


FIG. 2

parfaites que si elles avaient été dessinées avec soin, avec cette différence, que les ramifications les plus déliées échappent à la meilleure vue, et que si on les examine avec une loupe, on en découvrira un grand nombre de plus petites, au delà de celles que l'on pouvait à peine distinguer à la vue simple.

« J'ai réitéré plusieurs fois l'expérience, non seulement avec le clou de fer, mais avec d'autres matières. Par différents essais, je me suis assuré qu'elle réussissait toujours quand la matière posée sur la goutte étendue était telle, que le dissolvant de l'argent y pût mordre avec plus de facilité que sur l'argent même, et comme le même procédé se peut observer à l'égard des différents métaux et minéraux, j'ai pensé que je pouvais en attendre à peu près le même succès dans de pareilles circonstances.

« Cette réflexion m'a déterminé à tenter la même expérience sur les dissolutions d'or, de cuivre, d'étain, de plomb, de fer, etc., avec les matières les plus convenables. »

Vient ensuite l'exposé des expériences faites avec chacune de ces dissolutions.

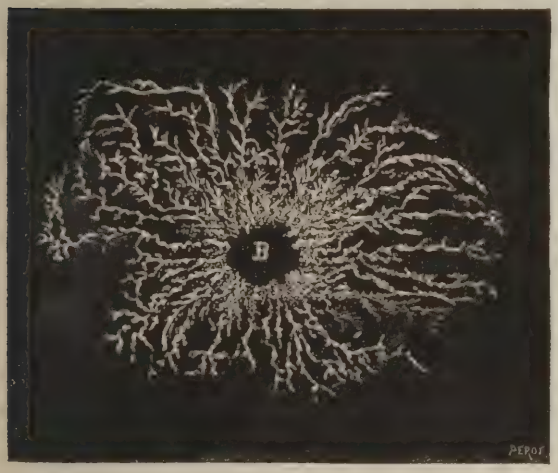


FIG. 3

L'auteur ajoute : « Les figures gravées d'après les végétations mêmes, ne donneront qu'une idée imparfaite de la netteté et de la délicatesse des ramifications qui se forment naturellement, et que l'art ne peut imiter.

« Dans les figures, les titres de *végétation d'or*, *végétation d'argent*, etc., annoncent le métal dont la dissolution a formé les rameaux des végétations rangées sous chacun de ces titres. Le caractère marqué dans le centre de chaque végétation en particulier désigne le métal qui a été employé en masse, et qu'on a posé sur la goutte de dissolution [1] ».

En examinant ces végétations au microscope, on observe que les rameaux croissent avec une prodigieuse vitesse et se divisent en un bien plus grand nombre de branches.

« Toutes ces végétations se peuvent également faire sur des verres de toutes couleurs. Après avoir choisi les végétations dont les accidents sont les plus heureux, si l'on couvre la glace colorée, sur laquelle est la végation d'une glace transparente et qu'on la mette au feu, les deux glaces s'unissent

FIG. 4

sans que la végétation soit altérée. On peut faire tailler ensuite et polir ces cristaux qui ressembleront à des pierres de couleur dans lesquelles la végétation serait incorporée et qui paraîtront d'une seule pièce, si la glace transparente est usée suf-

FIG. 5 ET 6

fisamment et taillée en goutte de suif. Les végétations d'or résistent beaucoup mieux au feu que celles d'argent. Les couleurs brunes, comme le bleu foncé et le vert, sont les plus avantageuses pour servir de fond aux végétations d'or. On peut faire des arbrisseaux de couleur verte, par le moyen des végétations de cuivre, qui prennent cette couleur au bout de quelques jours. »

C. DECHARME.

[1] Les métaux sont désignés dans les figures par les caractères que les chimistes employaient au siècle dernier : fer, ♂; cuivre, ♀; étain, ♃; plomb ♄; régule d'antimoine martial R ♂; zinc, *z*, etc. Toutes les figures reproduites se rapportent à des végétations d'argent.

STATION CENTRALE D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE
DE MILAN

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

DU THÉATRE DE LA SCALA

L'inauguration de l'éclairage électrique du théâtre de la Scala, qui a eu lieu à Milan le 26 décembre dernier, donne un intérêt tout à fait particulier aux détails que nous allons donner sur la station centrale d'éclairage électrique avec le système Edison, installée à Milan par la Compagnie Edison italienne sur l'emplacement de l'ancien théâtre de Santa-Radegonda, près du Dôme.

La construction de la station de Santa-Radegonda a été décidée en août 1882. Les travaux ont commencé vers la moitié d'octobre, et ont été poursuivis avec une telle rapidité, qu'en juin 1883 la station commençait à fonctionner, et a continué depuis cette époque sans interruption le service avec un nombre toujours croissant de lampes. L'installation a été faite sur les plans de M. Colombo, professeur de mécanique à l'école polytechnique de Milan, qui a aussi la direction générale de l'entreprise. M. Lieb, de New-York, électricien de la Compagnie, a installé le matériel de la station et a la direction du service électrique.

La première installation se composait de 4 dynamos Edison, type C, de 1 200 lampes, avec moteurs Porter-Allen et Armington-Sims, et de 4 chaudières Babcock-Wilcox de 160 chevaux chacune.

En août 1883, à la suite d'une délibération du conseil municipal de la ville, la Compagnie Edison a fait un contrat avec l'administration communale pour l'éclairage du théâtre de la Scala, dont les travaux commencèrent immédiatement dans l'intérieur du théâtre, et aussi dans la station de Santa-Radegonda, où l'on procéda à l'installation de 2 nouvelles dynamos C et d'une cinquième chaudière.

Tout cela était prêt vers la fin de novembre, époque à laquelle on a commencé à éclairer la Scala pour les travaux préparatoires des spectacles.

Les conducteurs électriques du réseau sont installés sous le pavé des rues principales de la partie centrale de la ville, dans les environs de la place du Dôme; et mesurent à l'heure qu'il est à peu près 5 kilomètres de longueur développée. Ils s'étendent à une distance maximum de 500 mètres en ligne droite de la station centrale. Le réseau fournit maintenant le courant au théâtre de la Scala, au théâtre Manzoni et à un grand nombre d'installations chez des consommateurs particuliers, tels que trois cercles, plusieurs cafés et restaurants et beaucoup de magasins, surtout sur la place du Dôme et dans la galerie Victor-Emmanuel. Le nombre des lampes Edison de 16 bougies desservies maintenant par la station de Santa-Radegonda est de 3 200 environ, et s'élèvera vers la fin de janvier à plus de 4 000, puisqu'on continue à mettre les fils chez des consommateurs avec lesquels on a un contrat souscrit depuis longtemps.

Dans l'été de 1884 on compte d'étendre le réseau à d'autres rues, en ajoutant de nouvelles dynamos jusqu'au nombre de 10, que l'on peut aisément installer dans le local de Santa-Radegonda, et qui alimenteront régulièrement à peu près 10 000 lampes.

Les contrats pour fourniture de lumière aux consommateurs stipulent des prix variables selon la consommation, sur la base d'une constante pour chaque lampe installée, correspondant à l'intérêt et à l'amortissement du coût de l'installation, et d'un tant par lampe-heure, correspondant à la dépense de combustible, personnel, etc. Sur cette base, proposée par M. Colombo, les grands consommateurs ont la lumière électrique à un prix à peu près égal et même inférieur à celui du gaz (variable à Milan de 27 à 36 centimes le mètre cube), tandis que les petits consommateurs qui ont un petit nombre annuel d'heures d'éclairage par lampe, l'ont à des prix de 10 à 20 % supérieurs au prix du gaz.

Avant l'inauguration de la Scala, l'installation la plus importante était celle du théâtre Manzoni, qui fonctionne régulièrement sans aucune interruption ni aucun accident tous les soirs depuis le 22 septembre 1883. Ce théâtre, destiné à la comédie, et qui est le rendez-vous de la meilleure société de Milan, est éclairé entièrement avec 400 lampes Edison, scène, parterre, vestibules, etc., le gaz en étant complètement exclu. Il y a cinq régulateurs pour la scène et la salle.

Mais la plus grande installation est sans doute celle du théâtre de la Scala, qui est aussi le plus grand théâtre qui soit éclairé entièrement avec des lampes à incandescence, jusqu'à présent. L'éclairage de la Scala comprend, dans les circonstances ordinaires, 2 500 lampes, dont 1 000 environ pour l'éclairage de la scène, qui est, comme on sait, la plus vaste du monde, 410 pour la salle et l'orchestre, 500 pour les vestibules, corridors, foyers et loges, et le reste pour les nombreux services de la scène et de la direction, l'école de bal, l'école de chant, salles des peintres, etc.

L'intensité de l'éclairage de la scène et de la salle est réglée par 16 régulateurs, dont 8 pour les 9 herses, 3 pour les portants, au nombre de 32, 2 pour la rampe et 3 pour le grand lustre de la salle. Ils règlent en tout 1 114 lampes de 16 bou-

gies, c'est-à-dire 408 dans les 9 herses, 264 sur les 32 portants, 98 dans la rampe et 344 dans le lustre.

Ces régulateurs sont à bobine de fil de fer galvanisé et ont un cadran à manivelle avec 20 touches pour un égal nombre de degrés de lumière, depuis 16 bougies jusqu'à un rouge très sombre, correspondant à 1 ou 2 bougies ou à peu près.

Il y a aussi 4 régulateurs portatifs pour les appareils d'éclairage mobiles, qui doivent pouvoir se placer à n'importe quel point de la scène : tels que 6 projecteurs ayant en tout 90 lampes, et 12 pièces de 10 lampes chacune que l'on pose sur le plancher pour éclairer les décors d'en bas.

Tous les appareils mobiles, herses, portants, projecteurs et herses à terre, reçoivent le courant par des tresses de fils de cuivre contenues dans des tubes en caoutchouc, qui se vissent et se dévissent entre eux et avec des pièces d'allongement, exactement comme les tubes flexibles antérieurement employés pour le gaz.

La rampe, les herses, les portants et les projecteurs, ainsi que les herses à terre sont pourvus de verres et transparents bleus et rouges, de façon à pouvoir à un instant donné éclairer toute la scène en bleu ou en rouge.

Les prises de courant sont au nombre de quatre. Le théâtre est à une distance moyenne de 400 mètres en ligne droite de la station de Santa-Radegonda, tandis que les prises sont à une distance variable de 380 à 440 mètres, selon le point du théâtre où elles aboutissent. A l'intérieur elles sont concentrées en quatre points principaux, avec des groupes d'interrupteurs correspondants, dont un pour la scène, un pour la salle, un pour les vestibules et le foyer, et le quatrième pour les services de la scène.

Le théâtre a été ouvert le 26 décembre avec tout son éclairage, sauf le foyer, que l'on est en train de monter. On s'occupe aussi de monter l'éclairage extraordinaire pour les soirées de *gala* et pour les bals masqués. Il consistera dans un éclairage supplémentaire pour la salle composé de 53 grandes appliques de 5 lampes chacune, et dans l'éclairage de la scène, transformée en salon de danse, avec à peu près 400 lampes subdivisées par un lustre et sur des appliques portant plusieurs lampes.

Tout le matériel de cette colossale installation a été construit à Milan, soit dans l'usine de la Compagnie, soit dans des usines particulières sous la direction du prof. Colombo, de M. Lieb et de M. Bertini, qui s'est occupé particulièrement de la distribution et de la pose des appareils dans l'intérieur du théâtre.

Malgré le peu de temps mis à disposition de la Compagnie pour les travaux de la Scala, l'éclairage était déjà prêt à fonctionner pour les répétitions dès le 20 novembre 1883, quatre mois seulement après le commencement des travaux. Le 20 décembre toute l'installation était prête, sauf le foyer. L'inauguration a été faite le 26 décembre, pour le spectacle d'ouverture de la saison de carnaval et carême. On donnait *La Gioconda* et le ballet *Flick et Flock*. Le résultat a été splendide. Le public qui remplissait la salle, a vivement apprécié le brillant éclairage du théâtre, et les beaux effets de lumière bleue, surtout dans le 2e et le 4e acte de la *Gioconda* et dans le ballet.

Les journaux italiens ont été unanimes à reconnaître le grand succès de cette installation, encore unique pour les difficultés vaincues et pour ses grandes proportions.

Depuis le 26 décembre, l'éclairage de la Scala fonctionne régulièrement cinq soirs par semaine, sans qu'il y ait eu le moindre accident, et sans la plus petite difficulté pour le personnel chargé de la manœuvre des appareils. Trois dynamos en mouvement à la station de Santa-Radegonda suffisent à alimenter l'éclairage du théâtre et toutes les autres installations.

La Compagnie Edison italienne n'a pas seulement créé la station centrale de Milan, mais elle a fait aussi beaucoup d'installations isolées, depuis sa constitution, sous la forme de comité provisoire et d'expériment en juillet 1882 jusqu'à présent.

Ces installations isolées ont été établies la plupart dans des fabriques, surtout des filatures et des tissages mécaniques. Nous mentionnerons, entre autres, une nouvelle filature de coton à Venise de 25000 broches, éclairée par 500 lampes, la filature Crespi, de Vaprio, avec 250 lampes, le tissage Nissim, de Pise, avec 300 lampes, etc. La Compagnie a entrepris aussi l'éclairage électrique des navires, en faisant à bord du *Sirio*, de la Compagnie Raggio, de Gênes, sa première installation.

Le *Sirio*, qui est un des plus grands bateaux transatlantiques, construit à Glasgow l'été dernier, et qui a été éclairé par 180 lampes, a déjà donné de si bons résultats pendant ses deux premiers voyages, que la Compagnie Raggio a commandé deux installations exactement pareilles pour ses nouveaux steamers *Orione* et *Perseo*.

On voit que l'activité de la Compagnie a été assez grande pour réussir non seulement à donner une notable diffusion à l'éclairage électrique dans les établissements industriels, mais aussi à créer la seule station centrale qu'il y ait à présent en Europe, dans les mêmes proportions de celle de New-York. Nous tiendrons nos lecteurs au courant des progrès de cette station.

G. Colombo.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE
DU NOUVEL
HOTEL DE VILLE DE PARIS

Les Parisiens ne sont pas sans éprouver une légère déception au sujet des lampes à incandescence qui fut la plus étonnante révélation de l'Exposition d'électricité de 1881.

On se souvient de l'enthousiasme qui accueillit le nouvel éclairage et de l'hommage universel que les critiques les plus difficiles se plurent à lui rendre. Toutes les qualités ne se trouvaient-elles pas en effet réunies? Une lumière douce et fixe ne fatiguant pas la vue, ne dénaturant pas les couleurs, laissant à l'air toute sa fraîcheur et toute sa pureté, ne noircissant pas les peintures et ne présentant aucun danger. Que pouvait-on désirer de mieux? D'ailleurs, Edison arrivait avec un système complet : lampes, machines, conducteurs, régulateurs, compteurs, rien n'y manquait. Le prix de revient était très modéré. Il n'y avait donc qu'à se mettre à l'œuvre pour voir aussitôt la nouvelle lumière remplacer le gaz à jamais condamné.

Deux années se sont passées, et sauf quelques installations isolées dont le public n'a même pas connaissance, telles que la Banque de France, par exemple, Paris se trouve toujours aussi dépourvu de lampes incandescentes que par le passé.

La raison en est bien simple. Pour faire de la lumière électrique, il faut de la force motrice. Les moteurs à gaz sont commodes assurément et peu encombrants, mais le gaz absorbé revient très cher. Quant aux machines à vapeur, bien peu de personnes se familiariseraient avec l'idée de placer chez elles des chaudières et de contrôler les agissements d'un mécanicien. Encore faudrait-il que la place ne leur manquât pas pour monter toute l'installation mécanique et, à vrai dire, c'est généralement là le cas.

Ceci explique pourquoi les théâtres eux-mêmes ne sont pas encore pourvus d'éclairage électrique, malgré les avantages inappréciables qu'il présenterait tant au point de vue de la sécurité contre l'incendie que pour combattre la chaleur souvent intolérable qui règne dans les salles de spectacles. C'est ainsi que le théâtre des Variétés, qui avait essayé de produire sa lumière lui-même, fut obligé d'y renoncer en dehors de toute considération sur le prix de revient que l'emploi des accumulateurs pouvait lui faire atteindre.

Il est donc bien évident que la lumière par incandescence ne prendra pied et ne se vulgarisera à Paris que lorsqu'elle sera délivrée à domicile par des usines centrales produisant le courant électrique à bon marché, et le fournissant aux abonnés au fur et à mesure de leurs besoins.

La première usine de ce genre a été installée par Edison, à New-York. Elle fonctionne depuis un an avec la plus grande régularité, à la satisfaction générale. En Europe, on a préféré attendre les résultats de cette expérience en grand, avant de se lancer dans une entreprise que bien des personnes et des plus compétentes considéraient comme assez aventureuse. Il est acquis maintenant que la production industrielle et la canalisation de courants puissants est chose facile et que l'on peut exploiter le nouveau système d'éclairage avec profit. Entre temps, on a étudié les conditions spéciales auxquelles on aurait à satisfaire en France. Ces études sont bien près d'être complètes à l'heure actuelle, et le jour n'est pas éloigné où Paris donnant une fois de plus le signal du progrès, verra les lampes à incandescence remplacer le gaz dans un de ses principaux quartiers.

En attendant qu'elle s'implante ainsi dans les villes, la lumière électrique se trouve confinée presque exclusivement loin des yeux du public, à l'intérieur d'usines, où se trouve toujours de la force motrice disponible; aussi ignore-t-on en général le développement considérable qu'elle a pris en ces deux années qui nous séparent de l'époque de sa première apparition.

Les filatures, les tissages, les teintureries, et les imprimeries sont les industries qui se trouvent représentées le plus souvent parmi celles qui utilisent les lampes à incandescence, mais les applications les plus diverses en ont été faites à des navires, à des poudreries, à des galeries de mine, à des tunnels, à des trains de chemins de fer, etc.

Dans les constructions nouvelles on commence souvent à prévoir l'installation de l'éclairage électrique et nous pouvons citer parmi les exemples les plus remarquables, le théâtre de Brünn en Moravie dont il a déjà été question dans ce journal [1], ainsi que la gare monumentale que les Allemands ont construite à Strasbourg en dehors de la ville, et qu'ils ont inaugurée cette année. Dans les deux cas le gaz a été complètement banni et les moteurs se trouvent à l'extérieur des bâtiments à éclairer. C'est ainsi qu'à Brünn la salle des machines est située à plus de 300 mètres du théâtre.

L'installation la plus récente est celle du nouvel Hôtel de Ville de Paris. A la suite de longues études et de nombreux essais comparatifs faits l'an dernier au Pavillon de Flore, le système Edison fut définitivement adopté.

Pour satisfaire aux exigences modernes, les architectes de l'édifice avaient ménagé dans leur projet une salle de chaudières, où furent montés dix générateurs tubulaires (système de Naeyer) pour produire la vapeur nécessaire au chauffage,

[1] V. *La Lumière Électrique* du 14 avril 1883.

FIG. I. — ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DE LA SALLE DU CONSEIL MUNICIPAL DE PARIS

à la ventilation, et le cas échéant à la lumière. Les carnaux aboutissent à deux puissantes cheminées d'usine dont les sommets émergeant au-dessus des toits ont été exécutés en pierre et ornementés de manière à ne pas déparer le monument.

Les ventilateurs disposés en différents endroits du bâtiment sont actionnés au moyen de moteurs électriques du type Gramme.

Notre plan d'ensemble représente le premier étage dans lequel toutes les lampes au nombre de cinq cents sont distribuées. La salle des chaudières toutefois et celle des machines sont situées dans le sous-sol. C'est là qu'aboutissait autrefois le tunnel qui reliait l'ancien Hôtel de Ville à la caserne Napoléon, et qui pendant le siège livra passage aux mobiles bretons dans la fameuse journée du 31 octobre.

Chacune des dynamos de l'Hôtel de Ville fournit un courant de 175 à 200 ampères et absorbe environ 30 chevaux. Elles sont actionnées par deux machines Compound sortant des ateliers de MM. Weyher et Richemond. Les fils partant des machines viennent aboutir au premier des tableaux représentés sur notre diagramme (fig. 3).

Tous ces tableaux sont placés dans l'intérieur de petites armoires fermant à clef et fixées contre le mur. Ils sont ainsi hors des atteintes du public. Ils portent les commutateurs commandant les différentes dérivations et des appareils de sûreté bien connus sous le nom de coupe-circuits. Ceux-ci, on le sait, se composent de petits fils fusibles que l'on intercale dans les circuits. Si un contact entre deux fils, ou toute autre cause accidentelle, venait à provoquer un courant trop intense qui serait de

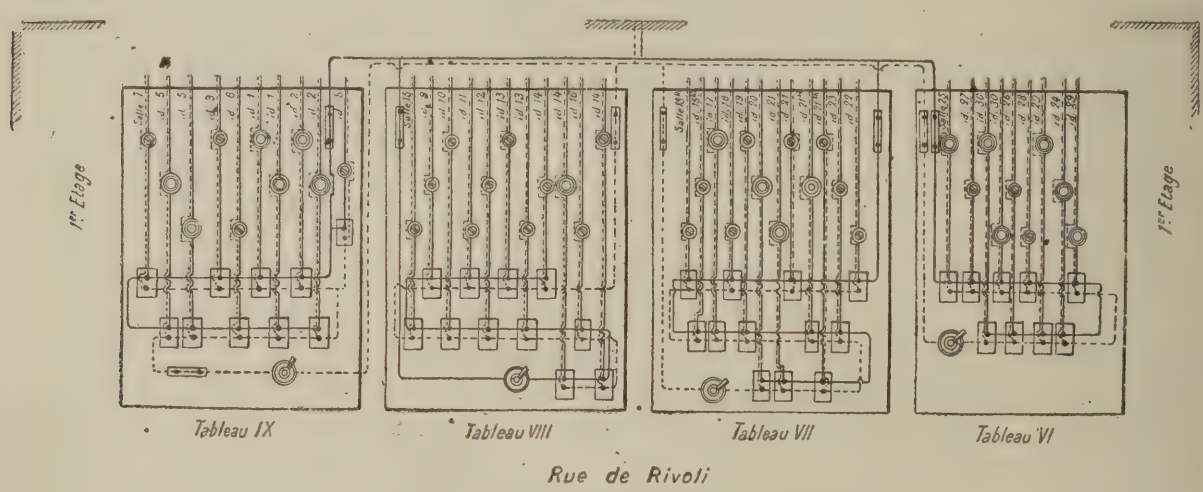


FIG. 2

nature à compromettre l'isolation ou à endommager les tentures, les fils de plomb fondraient aussitôt et arrêteraient net le courant dans la partie menacée. Toute possibilité d'incendie est ainsi écartée. Outre les coupe-circuits fixés sur les tableaux et figurés sur notre diagramme, on en place à chaque dérivation, destinés à localiser le plus possible une extinction qui viendrait à se produire du fait de la fusion d'un des fils de plomb. Disons tout de suite qu'il est très rare que les coupe-circuits aient à fonctionner, et l'on voit quelles précautions méticuleuses sont prises contre les moindres chances d'accident.

Le tableau I, dans la salle des machines, sert de point de départ aux circuits principaux, au nombre de trois.

L'un d'eux alimente les lampes situées dans l'aile de la rue de Rivoli, un autre dessert les salles entourant la cour Louis XIV, le troisième distribue le courant dans toute la façade.

Tous ces circuits montent directement au deuxième étage, y circulent sous les planchers et plongent à travers les plafonds dans les locaux du premier étage qui sont pourvus de lampes.

On est arrivé ainsi à ne pas avoir un seul fil apparent, ce qui donne une grande élégance à l'installation.

Le circuit de la rue de Rivoli aboutit aux tableaux VI, VII, VIII, IX, placés au premier étage, les deux autres traversent d'abord le tableau II du deuxième étage. Là ils se bifurquent. Le circuit conr se ramifie en trois autres desservant les trois côtés de la cour. Le circuit façade se partage en quatre autres dont l'un alimente le dernier côté de la cour Louis XIV, ainsi que le vestibule ou corridor qui longe la salle des séances. Les trois autres dérivations se rendent aux tableaux III, IV, V du premier étage, qui sont en tout semblables aux précédents, avec cette légère modification que le tableau IV est muni d'un commutateur général permettant d'allumer et d'éteindre toutes les lampes de la salle du conseil d'un seul coup.

On remarquera encore sur le tableau II une pile et un bouton correspondant à une sonnerie placée dans la salle des machines. L'employé chargé de la surveillance de l'éclairage se met ainsi en com-

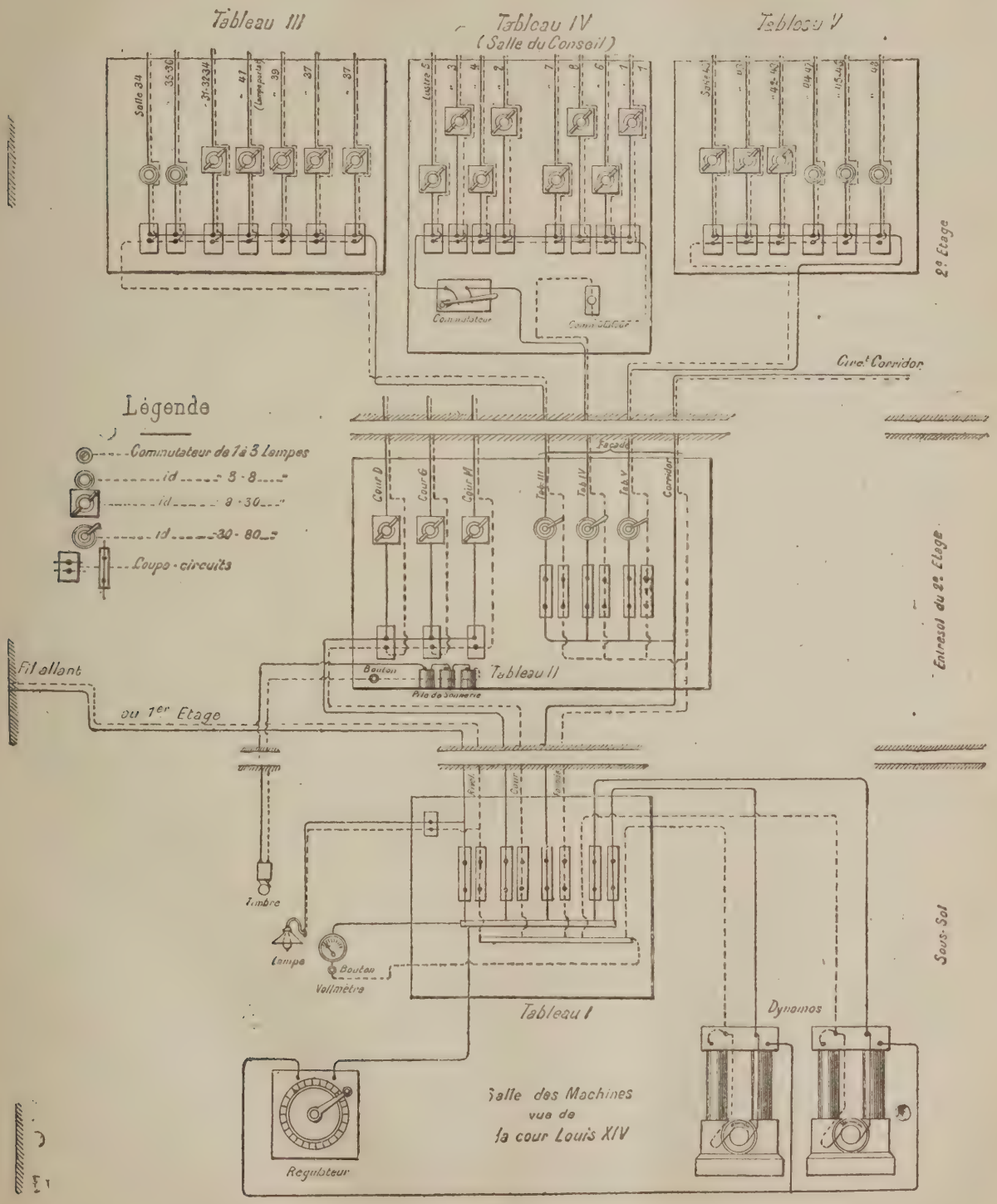


FIG. 3

munication avec le mécanicien. Ne quittons pas la salle des machines sans signaler encore un voltmètre qui permet de mesurer à chaque instant la force électromotrice de la machine.

On agit sur cette force électromotrice à l'aide d'un régulateur qui introduit des résistances dans le circuit des inducteurs ceux-ci étant excités en dérivation.

Les parties éclairées de l'Hôtel de Ville comprennent : la salle du conseil municipal, la bibliothèque, des salles de commissions, des bureaux, des couloirs et des vestibules.

L'appareillage a été approprié à tous les besoins, aussi trouve-t-on des lustres, des appliques, des lampes portatives ou de simples suspensions suivant les cas.

Partout la lumière paraît être vivement appréciée ; mais il faut mettre tout à fait hors de pair l'éclairage de la salle des séances et celui du vestibule y attenant.

La salle du conseil représentée par notre gravure (fig. 1) est fort belle. Toute lambrissée en chêne elle est garnie à la partie supérieure d'une tenture rouge très simple. Les baies des portes et fenêtres règnent sur toute la hauteur, qui est considérable.

Le plafond, d'une richesse extrême, est d'un ton très harmonieux.

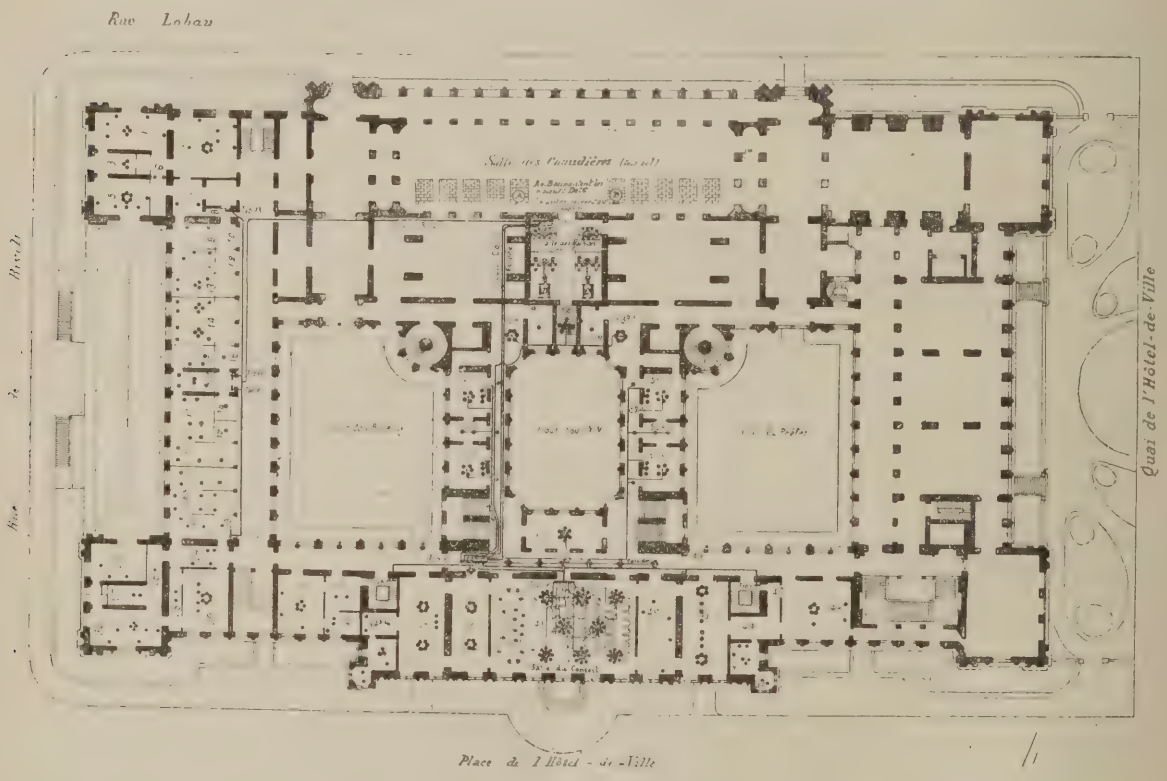


FIG. 4

Aux deux extrémités de la salle on a ménagé des tribunes, sans doute en prévision du jour où les séances seraient publiques. Les ouvertures entrecoupées par des colonnes en chêne sont provisoirement bouchées par la tenture rouge qui fait tout le tour de la salle.

L'éclairage produit au moyen de huit lustres de 16 lampes chacune est de tout point excellent. Le bureau et la tribune sont munis en outre de lampes portatives.

Le vestibule qui longe extérieurement la salle est formé d une suite de voûtes d'arêtes. Au sommet de chacune d'elles on a fixé un abat-jour réfléchissant vers le sol les rayons lumineux de quatre lampes disposées en forme de croix et légèrement inclinées.

Cette disposition ingénieuse est due à l'intelligente initiative de l'ingénieur en chef de l'éclairage de la ville; jointe à la blancheur éclatante des murs elle produit un effet surprenant. La lumière d'une coloration chaude et dorée, quoique très vive est d'une grande douceur. Le contraste offert par les couloirs adjacents éclairés au gaz est très curieux. Le jour y paraît blafard.

Nous nous résumerons en disant que l'installation de l'Hôtel de Ville apporte une nouvelle preuve à l'appui de la supériorité des lampes à incandescence sur les anciens systèmes d'éclairage.

Dans la salle des machines, nous trouvons deux dynamos Edison appartenant à l'ancien type K de 250 lampes A (16 bougies) représenté dans le numéro du 4 août 1883 de ce journal.

Actuellement, les machines Edison subissent une transformation qui réduit considérablement leur dimension et leur prix de revient. — Grâce à une répartition plus judicieuse du fer et du cuivre dans les inducteurs, on produit un champ magnétique plus énergique et moins coûteux que l'ancien, avec un poids de métal moindre. C'est ainsi que, dans la nouvelle série, la dynamo qui se rapproche le plus de la machine K dont nous parlons alimente 200 lampes. Ses inducteurs sont formés de deux colonnes au lieu de six, et elle renferme à peu près le même poids de matière que l'ancienne machine Z de 60 lampes, dont elle a d'ailleurs la dimension.

G. Szarvady.

UTILISATION DES ACCOUPLEMENTS DES FREINS CONTINUS

pour l'établissement de

L'INTERCOMMUNICATION ÉLECTRIQUE

ENTRE LES VOITURES D'UN TRAIN

Système de MM. W.-H. Preece, Langdon et Allen

On sait que l'adoption des freins continus, à vide et à air comprimé, exige l'établissement, sous toutes les voitures du train, de conduites reliées de voiture à voiture par des raccords en caoutchouc, pouvant se prêter aux déplacements relatifs des véhicules, et par des accouplements qui doivent permettre de relier entre eux et de séparer facilement les véhicules qui entrent dans la formation du train.

L'adoption d'un système d'intercommunication électrique permettant de relier les voitures entre elles, au mécanicien et aux gardes du train, et de leur transmettre des signaux, exige, de même, l'établissement d'un circuit électrique, constitué par des fils, parallèles pour ainsi dire à la canalisation des freins, et munis, comme elle, d'accouplements de voiture à voiture [1].

L'accouplement que MM. Preece et Langdon, viennent de proposer pour l'intercommuncation électrique entre les voitures d'un train, présente le même aspect que celui du frein à vide de Clayton employé sur le Midland Ry, dont M. Langdon dirige le service télégraphique. Sa manœuvre est la même, afin de faciliter le service de la formation des trains. Ce système présente, en outre, l'avantage de protéger parfaitement les contacts et les fils.

L'accouplement s'accomplit par l'accrochage de deux mains en fonte malléable A, maintenues à la partie supérieure par l'emboîtement $b\,c$, $b_1\,c_1$ et au bas par l'enlacement des doigts $d\,d_1$. L'ensemble fait charnière autour du contact de $d\,d_1$, de manière que la pesanteur contribue à maintenir l'accouple-

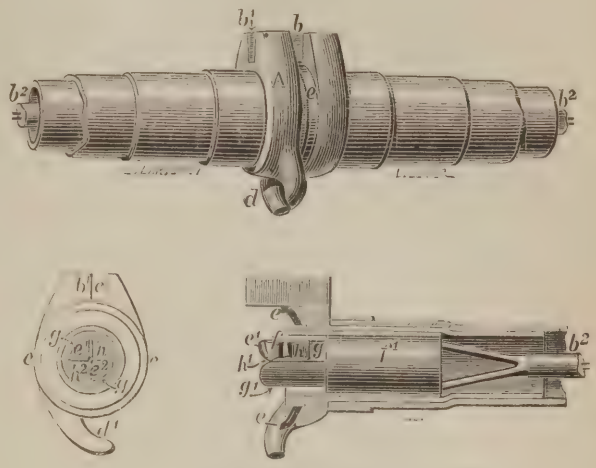


FIG. 1 A 3. — ACCOUPLEMENT PREECE ET LANGDON

ment en appuyant ses deux parties. L'étanchéité du système est assurée par l'application des lèvres en caoutchouc *e*.

Dans chaque accouplement A et A' les fils élec-

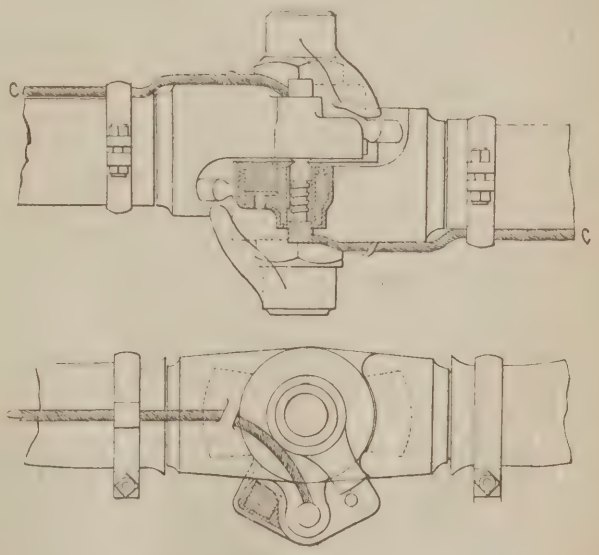


FIG. 4 ET 5. — ACCOUPLEMENTS D'ALLEN. — APPLICATION AUX FREINS WESTINGHOUSE. — ENSEMBLE. — ÉLÉVATION. — COUPE ET PLAN

triques b_2 aboutissent, à travers un noyau d'ébonite f_1, à deux ressorts $g\,g_1$, fixés à ce noyau et à des tasseaux d'ébonite $e_1\,e_2$. L'autre face de ces tasseaux porte des contacts métalliques *h* reliés chacun à son ressort creusé en *f*. Ces contacts sont terminés en biais, de manière à s'accoupler fa-

---

[1] Voir *La Lumière Électrique* des 22 avril et 9 décembre 1882.

clement et à s'appliquer exactement sur les contacts de l'autre accouplement, qui portent des projections correspondantes aux creux *f*.

Lorsqu'on fait l'accouplement, les tasseaux de A *écartent* ceux de A′ et s'appliquent par leurs contacts métalliques. Lorsque l'accouplement se défait, — par la rupture du train ou par l'action d'un voyageur sur le câble b_2, qui sert lui-même de corde d'intercommunication, — les deux tasseaux de chacune des pièces séparées, A et A′, *reviennent au contact* (fig. 3), par l'effet de leurs ressorts; ils ferment ainsi le circuit au point de rup-

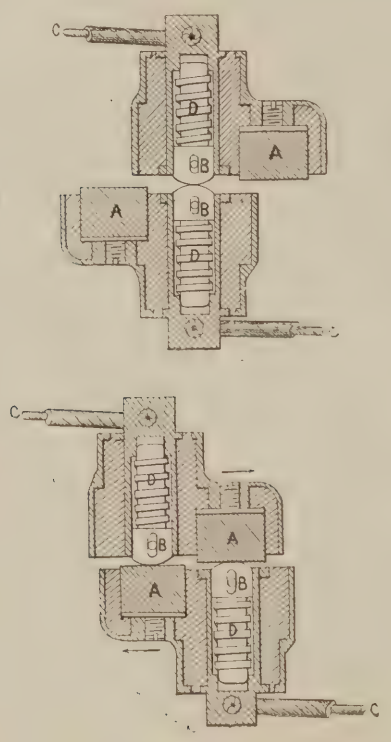


FIG. 6 ET 7. — DÉTAIL DES CONTACTS. — ACCOUPLEMENTS FAITS ET DÉFAITS.

ture, avertissant à la fois au fourgon de queue et à la locomotive.

On sait en effet que dans le système de M. Preece [1] les piles de la machine et du fourgon sont reliées en *opposition* par les fils du circuit, de sorte que ces piles font partir des signaux qui leur sont reliés, au fourgon et à la locomotive, dès que l'équilibre électrique est rompu, comme nous venons de l'indiquer, par une fermeture locale du circuit.

M. Allen, dont le système est antérieur à celui de MM. Preece et Langdon, s'est proposé d'utiliser, pour l'établissement des circuits d'intercommu-

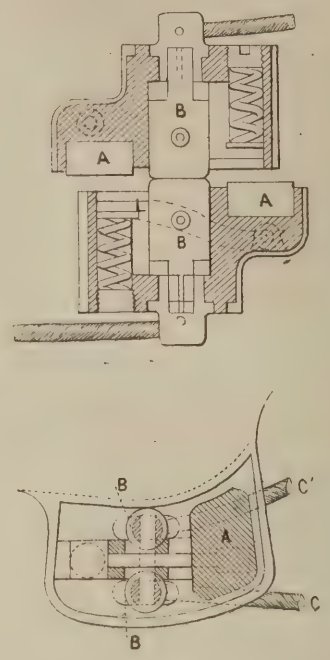


FIG. 8 ET 9. — ACCOUPLEMENT A QUATRE CONTACTS

nication, les tubes mêmes et les accouplements des freins continus.

On établit ainsi l'intercommunication en même

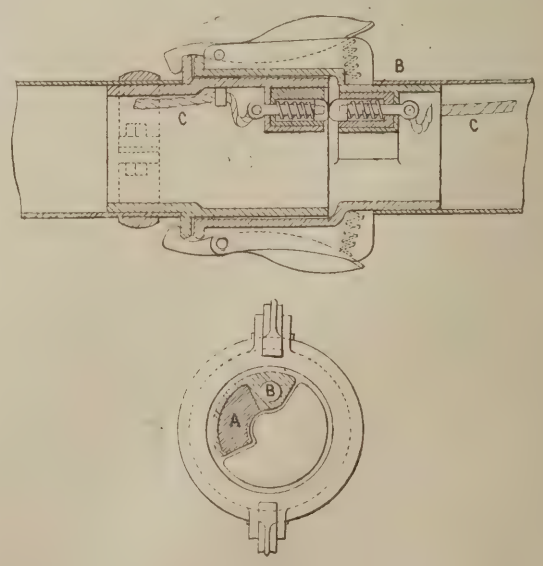


FIG. 10 ET 11. — ACCOUPLEMENT D'ALLEN. — APPLICATION AU FREIN A VIDE SMITH

temps que l'on fait les accouplements des freins, par une seule manœuvre.

Pour le frein Westinghouse, il suffit d'ajouter à

(1) Consulter « Proceedings Civil Engineers, » déc. 1866. — *W.-H. Preece :* « On the best Means of Communicating betwen the Passengers Guards and Drivers of Trains in Motion.

son accouplement ordinaire, deux contacts ou boutons B à ressorts D (fig. 4 à 7) et reliés aux conducteurs *cc*—A chaque manœuvre d'accouplement, les extrémités de ces boutons sont nettoyées par leur frottement sur une matière rugueuse A, constituée par de l'émeri ou par une râpe en acier.

On peut, ainsi que l'indiquent les figures 8 et 9, grouper dans un seul accouplement les contacts B B′ de deux conducteurs *c* et *c′* d'aller et de

FIG. 12 A 14. — ACCOUPLEMENT D'ALLEN. — APPLICATION AU FREIN A VIDE CLAYTON

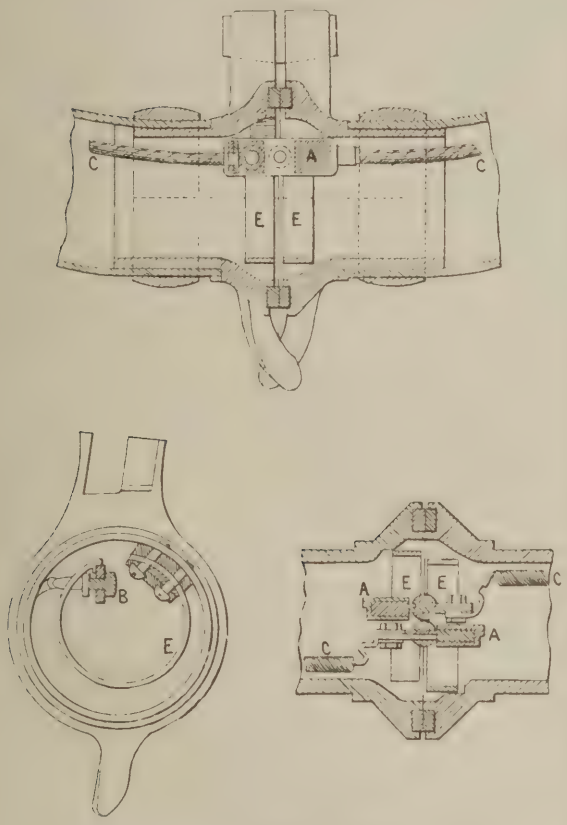


FIG. 12, 13 ET 14. — ACCOUPLEMENT DIRECT. — ÉLÉVATION. — VUE PAR BOUT ET PLAN. — COUPE

retour. Chacun des doubles contacts isolés B B′ est appuyé sur l'autre par un levier à ressort.

Les figures 10 et 11 indiquent, avec les mêmes lettres, l'application du système aux freins à vide Smith, dont l'accouplement exige une rotation des raccords en caoutchouc.

L'application du système à l'accouplement de Clayton, est représenté par les figures 12 à 17, les contacts sont appuyés par la pression des ressorts E agissant sur les boutons B, directement ou par l'intermédiaire de leviers F — fig. 15, 16, 17, — pivotant autour des points G.

Les figures 18 et 19 représentent l'accouplement proposé par M. Allen pour la liaison des conducteurs électriques, le contact K de l'accouplement mâle est poussé par un ressort sur la fourche M de

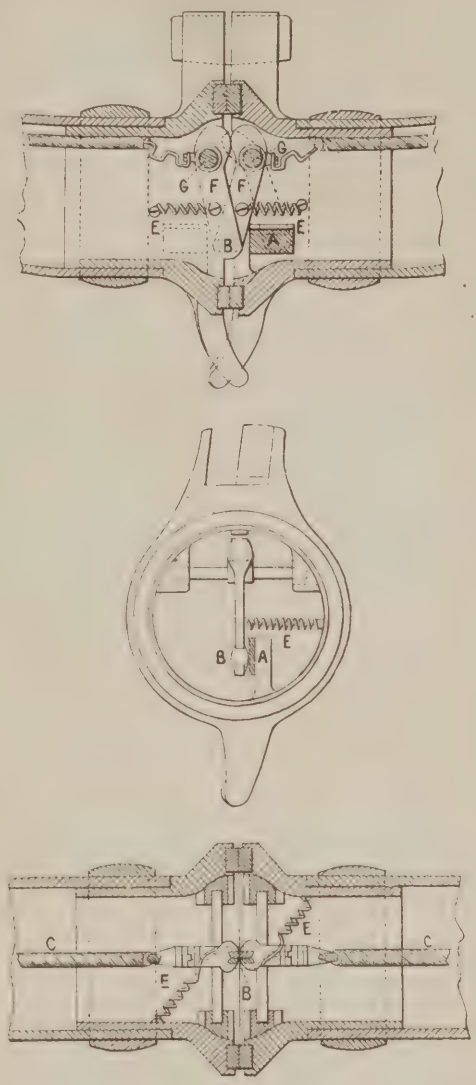


FIG. 15, 16 ET 17. — ACCOUPLEMENT A LEVIERS. — COUPES EN ÉLÉVATION ET EN PLAN. — VUE PAR BOUT

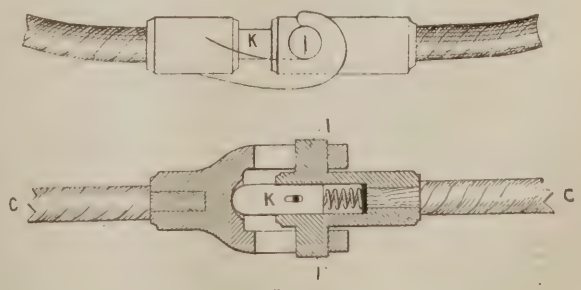


FIG. 18 ET 19

l'accouplement femelle, l'accrochage se fait par l'axe I.

Les systèmes d'accouplement que nous venons de décrire sont certainement très ingénieux et procèdent d'une idée juste : diminuer le nombre des manœuvres nécessaires à la formation d'un train ou, tout au moins, les simplifier, en les ramenant à un même type, j'ai donc pensé qu'il serait utile de décrire ces appareils, bien que l'expérience n'ait pas encore permis de se faire, à cause de leur date toute récente, une opinion définitive sur leur valeur pratique, en service courant.

GUSTAVE RICHARD.

LE TELPHERAGE

DE

MM. FLEEMING JENKIN, AYRTON ET J. PERRY

L'invention de MM. Fleeming Jenkin, Ayrton et J. Perry procède de conceptions théoriques particulières et a pris son origine dans des idées conçues par le professeur Fleeming. Celui-ci les a exposées plusieurs fois, notamment dans une conférence d'inauguration à l'université d'Edimbourg.

L'idée mère est que l'électricité ayant un mode spécial d'action, doit être mise en œuvre à l'aide de moyens spéciaux, et que l'appliquer en se servant des procédés usités pour d'autres forces, est une maladresse. Par exemple, M. Fleeming pense que pour réaliser la traction électrique, il ne faut pas, comme on le fait actuellement, employer le matériel des chemins de fer adapté à cette destination nouvelle. En effet, dit M. Fleeming, quand nous employons la vapeur, la force ne se produit économiquement que par de grosses machines, et le travail produit est ainsi mieux contrôlé : un moteur à vapeur distinct pour chaque voiture, avec son chauffeur et son mécanicien, est impraticable et extrêmement inférieur à la grande locomotive avec son train lourd ; seulement ceux-ci impliquent une chaussée permanente avec une voie puissante et coûteuse.

Aujourd'hui, selon M. Fleeming Jenkin, l'électricité nous a fourni le moyen de faire courir le travail sur un conducteur long de plusieurs milles en dépensant ce travail au point où il nous plaît ; les engins électriques jouissent d'ailleurs de la faculté de se surveiller et se diriger eux-mêmes à l'aide de moyens précis. Ces considérations ont amené le savant anglais à penser qu'avec l'électricité il y avait avantage à subdiviser le poids à transporter et à le distribuer sur un grand nombre de petits véhicules, de façon à former sur la voie une sorte de courant continu au lieu de les concentrer en quelques trains pesants, largement espacés.

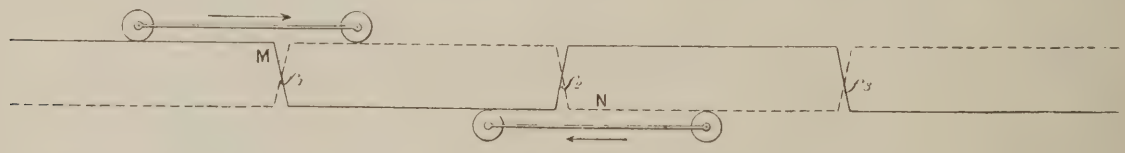


FIG. 1

Quelques réserves me semblent nécessaires sur ce programme, je les exposerai en terminant ; nous allons voir d'abord où il conduit son auteur. Sa principale conséquence et son plus grand avantage c'est la suppression des voies résistantes. Les véhicules, devenus légers, n'exigent plus de lourds supports. On est alors amené à adopter la voie la plus simple et réduite à son principe, c'est-à-dire le transport par wagonnets roulants sur un câble ; celui-ci servira alors en même temps de support et de conducteur électrique.

La condition nécessaire, c'est que les trains de véhicules qui seront lancés sur ce câble se conduisent eux-mêmes, qu'ils prennent le courant sans l'enlever aux autres trains, qu'ils se tiennent respectivement à distance convenable. Vers le temps où M. Fleeming Jenkin élaborait son projet, MM. Ayrton et Perry proposaient un mode de construction des chemins de fer électriques dans lequel le conducteur était isolé, et le train ne prenait le courant que sur sa longueur et par sections successives. Ce projet a été décrit dans le n° du 10 juin 1882 (*Lumière Electrique*). Il parut à ces divers savants que leurs idées devaient utilement s'unir, et ils joignirent leurs efforts. Le système qui est sorti de ces divers travaux est encore à l'essai ; néanmoins il a déjà une forme presque pratique.

On l'applique de deux façons différentes : le système en dérivation à deux voies croisées, le système en tension à voie unique. La figure 1 représente schématiquement le système en dérivation. Il comprend, comme on le voit, deux lignes : l'une représentée en trait simple, l'autre en trait pointillé ; de ces deux lignes, l'une, la ligne pleine par exemple, est isolée et communique avec la machine génératrice, l'autre est en communication avec la terre.

Les trains de véhicules se composent d'une machine motrice placée en tête, suivie d'une série de sept ou huit wagonnets ; la machine est reliée par un fil au dernier wagonnet, elle communique d'ailleurs

avec le câble, ainsi que ce dernier wagonnet : condition nécessaire, les lignes sont partagées en sections de longueur égale; à chaque point de section se trouve un support sur lequel les lignes se croisent; de plus le train a exactement la longueur d'une section. On voit alors comment les choses se passent : un train se trouve toujours à cheval sur une section isolée et une section à la terre, le courant entre donc par une des extrémités du train, le parcourt et va à la terre par l'autre bout, en traversant toujours la machine motrice et par conséquent la faisant tourner; suivant la position du train, le courant entre par l'un ou l'autre bout et par conséquent change de sens dans l'appareil moteur, mais celui-ci étant une dynamo, cela ne change pas le sens de son mouvement, celui-ci ne dépendant, comme on le sait, que de la position des balais. Chaque train, quelle que soit la ligne sur laquelle il est placé, donne donc une dérivation du circuit à la terre, c'est pourquoi ce système est nommé à dérivation. Le croisement des lignes sur les poteaux est opéré, comme on le voit, figure 2. Les deux portions de ligne placées dans le prolongement l'une de l'autre reposent sur deux selles A et B métalliques, isolées l'une de l'autre : entre les deux, une pièce métallique C, isolée des deux autres maintient la continuité.

Dans le système en dérivation, chaque poteau porte deux systèmes de ce genre et on opère à l'aide de fils les liaisons électriques nécessaires. A vrai dire, ce mode de liaison n'a été employé

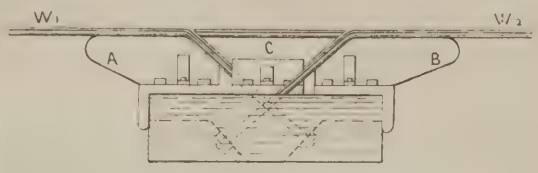


FIG. 2

que dans le système en série qui va être décrit; pour le système en dérivation où l'isolation doit être plus sévère on a jusqu'ici fait usage de moyens plus compliqués; mais en construisant avec soin les assemblages, figure 2, on compte pouvoir s'en servir d'une façon générale.

Le système décrit ci-dessus exige deux fils, mais il a l'avantage de permettre une circulation double

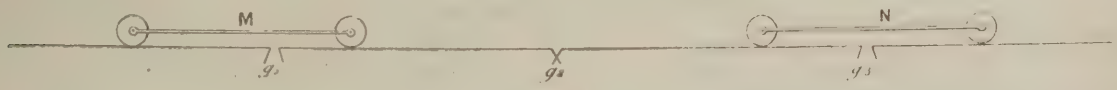


FIG. 3

en constituant une ligne montante et une ligne descendante. Le système en série ne donne pas la même facilité, mais il n'exige qu'une ligne. La disposition est schématiquement représentée figure 3.

La ligne unique est comme précédemment subdivisée en sections d'égale longueur (120 pieds);

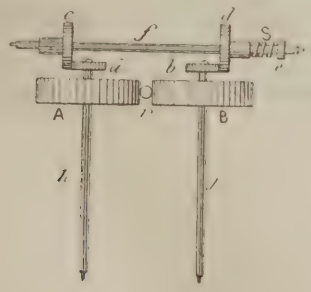


FIG. 4

ces sections isolées l'une de l'autre sont réunies par des ponts mobiles : dans l'état normal, les ponts sont fermés et la ligne ne forme qu'un seul conducteur. Dans le système précédent, le train avait exactement la longueur d'une section, actuellement le train doit excéder cette longueur : dans ces conditions, lorsque le train s'engage sur la ligne, la machine qui en forme la tête passe toujours sur un pont; elle l'ouvre, alors le courant, au lieu de suivre la section, passe par le train pour rejoindre la section suivante et en passant met en mouvement la machine, le train s'avance et en passant sur le pont, le dernier wagon le referme. Ces dispositions ont été décrites déjà dans *La Lumière Electrique*, n° du 24 février 1883.

Comme supplément de précaution, un système particulier d'électro-aimants relie à demeure un certain nombre de sections derrière le train, en sorte que l'ouverture des ponts de section ne permet pas au train d'entrer dans le courant, et que le second train laisse forcément un certain nombre de sections libres entre lui et le précédent. Nécessairement la circulation n'a lieu que dans un sens, il faut étudier les modes de croisements ou consacrer la ligne au service montant à certaines heures, et descendant à d'autres. Les auteurs pensent que ce système peut avoir de sérieux avantages; la résistance totale est faible, l'isolation n'a pas besoin d'être très parfaite, ainsi que nous l'avons dit, ce qui s'explique par la raison que les différences de potentiel entre deux parties voisines sont faibles, tandis que dans l'autre disposition, des lignes très différentes en potentiel se trouvent rapprochées et croisées sur le même point d'appui. Avec le système en série, on a fait usage de ten-

sions de 500 volts que M. Fleeming Jenkin considère comme un peu trop élevées, ce qui dénote une prudence presque timide.

Outre ces combinaisons électriques intelligentes, on a porté beaucoup de soins dans les détails. Un moteur aussi puissant et aussi léger que possible était désirable, MM. Ayrton et Perry ont combiné pour cet objet le moteur spécial dont j'ai rendu compte dans *La Lumière Electrique*, n° du 27 oct. 1883; j'ai donné mon opinion et fait mes réserves, je n'ai pas à y revenir.

Un point spécial a été très étudié, c'est le mode de transmission du mouvement électrique. Il faut que le moteur, reposant sur le câble, le saisisse énergiquement de façon à s'en servir pour déterminer le mouvement en avant, il faut de plus que ce grippage soit obtenu sans qu'une pression sur l'axe vienne entraver la rapide rotation de la machine dynamo-électrique.

Pour la prise de la machine sur le câble, les inventeurs paraissent s'en tenir au dispositif indiqué (fig. 4). Le câble *r* est saisi entre deux roues

FIG. 5

A et B reliées à deux disques *a* et *b*; ceux-ci frottent contre deux galets *c* et *d* placés sur un arbre *f*, l'un de ces galets, *c* est fixe, l'autre *d*, doit tourner avec l'arbre qui est de section rectangulaire, mais il peut glisser suivant son axe, et il est serré par un ressort énergique S appuyé sur un collier *e*, en sorte que les deux roues A et B, tout en restant parfaitement libres dans leur rotation, sont énergiquement serrées l'une vers l'autre contre le câble *r*.

Les axes *h* et *j* aboutissent à l'axe de la machine et en reçoivent le mouvement. Celui-ci, étant beaucoup plus rapide qu'il ne faut, doit être transformé. Les auteurs indiquent plusieurs moyens. L'un d'eux est représenté (fig. 5). La machine porte une grande roue du genre des roues de vélocipède, à laquelle elle transmet son mouvement par friction. La figure représente une ligne double actuellement en expérience à Weston.

Dans la fig. 6 on voit une autre partie de cette même ligne prise au moment où deux trains se croisent, une autre locomotive y est figurée. Dans celle-ci on fait usage d'un mode de transmission curieux, représenté (fig. 7). Deux roues A et B sont placées excentriquement l'une à l'autre; entre les jantes se trouvent trois galets, w_1, w_2, w_3; les deux premiers w_1 et w_2 sont liés à un axe *k* qui les pousse entre les jantes; il s'ensuit que le troisième

galet w_3 est fortement pressé entre celles-ci. Or, c'est ce dernier galet qui est lié à l'axe de la machine, en sorte que cet axe se mettant à tourner les jantes des deux roues A et B tourneront en même temps et transmettront le mouvement du moteur électrique. Un troisième mode de transmission a été essayé, il est représenté (fig. 8). L'axe de la machine se termine en *a* par un cône *c* poussé par un ressort, ce cône accouplé avec un autre semblable *c'* s'engage dans la gorge angulaire d'une roue A, ainsi fortement pressé il transmet son mouvement à cette roue qui par son axe B actionne à son tour les organes moteurs appuyés sur le câble.

On ne paraît pas encore fixé sur le moyen définitif qui sera choisi; on hésite encore sur la section à donner au câble : sera-t-il rond, rectangulaire, formé de fils tressés? On essaie néanmoins, le système marche et il va bientôt entrer dans la pratique.

Je dirai immédiatement que ce procédé ne me paraît pas constituer une solution générale. Sans

FIG. 6

doute, ainsi que le dit M. Fleeming Jenkin, il y aurait avantage à subdiviser les trains et à répartir le poids à transporter sous la forme d'un courant aussi continu et aussi égal que possible; cet avantage serait sans compensation s'il ne coûtait rien; j'estime qu'il coûte toujours. En effet, premièrement, bien qu'en dise M. Fleeming Jenkin, si l'électricité permet la division de la force bien plus que la vapeur, ce n'est cependant pas sans compensation; nous savons que les grosses machines électriques sont bien plus avantageuses que les petites. Deuxièmement, cette grande répartition du poids suppose une dépense très supérieure dans les véhicules, chacun d'eux portant beaucoup moins, et une grosse augmentation du poids mort; troisièmement, enfin, en poussant le principe aussi loin et renonçant à la voie terrestre, on renonce aux gros transports, une ligne sur câble, même très bien utilisée étant incapable du service que peut fournir une ligne sur le sol, même mal utilisée.

Ces réserves faites, il faut reconnaître pleinement les avantages que signale M. Fleeming Jenkin dans sa conférence. D'abord la voie est aussi peu coûteuse que possible; pas de construction, pas même d'achat de terrain, une simple permission de passage et l'on va. Le Telphérage (ainsi l'a nommé son inventeur) s'appliquera probablement à la plupart des lignes sur câbles déjà existantes, et à d'autres con-

struites pour les mêmes destinations, c'est-à-dire le service des mines, celui des ports, des canaux, etc. Il sera probablement utilisé dans beaucoup de terrains difficiles, il se placera dans les colonies, dans

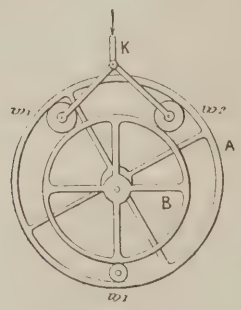


FIG. 7

les installations provisoires; il servira à la guerre; enfin, en dehors de ces applications faciles à prévoir, il en rencontrera d'autres sans doute qu'on ne peut annoncer à l'avance. Les applications de l'élec-

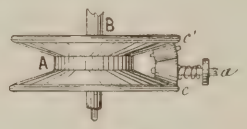


FIG. 8

tricité sont actuellement dans la voie d'un avenir si grand qu'on ne peut dire où se limitera même une solution spéciale et restreinte, telle que le Telphérage. Je ne puis le considérer que comme un cas particulier habilement étudié, mais même réduit à cet espace, son utilité peut être très grande et supérieure à ce que nous pouvons actuellement imaginer.

FRANK GERALDY.

REVUE DES TRAVAUX
RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Les variations de la résistance dans un fil librement tendu.

Toutes les fois qu'un courant d'une certaine énergie traverse un fil métallique, la résistance que ce fil offre au passage du courant se modifie lorsque l'intensité de ce dernier vient à varier. Il serait d'un puissant intérêt pratique de connaître la loi de ces variations et de pouvoir, étant donnée la résistance spécifique d'un conducteur, calculer exactement sa résistance pour une intensité déterminée.

Cette question a préoccupé plus d'un électricien. En 1863, H. Weber cherchait à évaluer l'allongement d'un fil soumis à des courants d'intensité différente pour en déduire l'échauffement de ce même fil et par suite l'augmentation de résistance. Plus tard le professeur Forbes et William Siemens se livrèrent à des recherches du même genre. Au mois de juin 1882, la commission scientifique de l'Exposition de Munich appliqua le grand rhéostat, composé de fils de fer et de fils de cuivre à déterminer l'échauffement d'un conducteur de métal, connaissant l'énergie dépensée et le rayonnement calorifique du conducteur considéré.

M. Lugwig Weber vient de faire paraître dans l'*Electrotechnische Zeitschrift*, n° de décembre 1883, un travail intéressant sur le même sujet, dans lequel il expose la marche suivie dans les expériences ainsi que les résultats obtenus. Pour éliminer les causes d'erreur inhérentes aux méthodes employées jusqu'à ce jour, M. L. Weber s'est proposé d'observer directement la variation de la résistance dans un fil donné. Il se sert, à cet effet, comme générateur, du courant d'une machine dynamo-électrique mue par un moteur à gaz. L'intensité du courant est mesurée à chaque instant au moyen d'un galvanomètre apériodique à aimant en cloche monté sur une dérivation de grande résistance et étalonné fréquemment à l'aide d'un voltamètre à base de cuivre. On fait varier l'intensité du courant en intercalant dans le circuit des résistances passives et, comme la machine ne donne pas un courant constant, on a soin de prendre toujours la moyenne des lectures effectuées.

L'expérience se fait très simplement. On lance le courant dans le fil que l'on veut étudier et sitôt le régime établi, ce qui a lieu au bout de 10 ou 12 minutes et se reconnaît facilement en ce que l'intensité du courant ne varie plus, on rompt d'une main le circuit de la machine et de l'autre on manœuvre une pièce spéciale qui amène le fil considéré à faire partie d'un pont de Siemens convenablement disposé à cet égard. Ce pont est muni d'un galvanoscope dont il faut noter l'indication immédiatement après la manœuvre précédemment décrite. On arrive ainsi, après plusieurs tâtonnements méthodiques, à évaluer la résistance avec une approximation de 0,005 unités Siemens.

On peut admettre, dit M. L. Weber, que la variation dans la résistance provient uniquement d'un changement de conductibilité spécifique proportionnel à la température et appelant u et u les températures w_2 et w_1 les résistances à la fin et à l'origine de chaque expérience.

$$v - u = \frac{w_2 - w_1}{w_1 x},$$

Formule qui permet de calculer l'échauffement du fil.

Une fois le régime établi on peut également ad-

mettre que la quantité de chaleur développée dans le fil est égale à celle transmise au milieu ambiant ou que

$$(v-u)h=\frac{J^2 s}{r^3}0{,}069423,$$

équation dans laquelle J représente l'intensité, s la résistance spécifique du conducteur, r son diamètre et 0.069423 une constante. Pour $(v\text{-}u) = 1°$ C l'égalité précédente exprime la quantité de chaleur émise pendant 1 minute par l'unité de surface.

Les résultats d'un grand nombre d'expériences sont consignés dans les tableaux suivants : J représente les intensités en ampères et Δ les augmentations de résistance évaluées pour cent unités de la résistance initiale, que le fil offre alors qu'il est froid.

I. Fil de cuivre de Montefiori Levi

$r = 0{,}420^{m/m}$ $w = 5{,}8415$ U.S

J	Δ	$v-u$	h	J	Δ	$v-u$	h	J	Δ	$v-u$	h
3,25	1,4 %	3,9° G		3,29	1,5 %	4,1° G		3,35	1,5 %	4,1° G	
3,77	1,8 »	5,0 »		4,78	2,7 »	7,4 »		4,88	2.8 »	7,6 »	
4.81	3,0 »	8,2 »	0,0691	6,24	4 0 »	10,8 »	0,0691	6,18	4,7 »	12,7 »	0,0724
6,25	3,9 »	10,7 »		7,31	5,7 »	14,8 »		7,32	6,5 »	13,9 »	
7,26	6,0 »	16,3 »									

Résistance spécifique : S = 0,0243. Coefficient de température : $x = 0{,}0037$.

II. Fil de cuivre de Hesse chimiquement pur

$r = 0.517^{m/m}$ $w = 0{,}6555$ U.S

J	Δ	$v-u$	h	J	Δ	$v-u$	h	J	Δ	$v-u$	h
5,12	2.5 %	5,8° G		5,07	2,6 %	6,0° G		4,99	2,1 %	4,9° G	
5,94	3,0 »	7,1 »		5,91	3,3 »	7,8 »		5,91	2,9 »	6,9 »	
7.70	4,7 »	11,0 »	0 0505	7,63	5,1 »	12,0 »	0,0458	7,57	4,7 »	10,9 »	0,0517
9 44	6,8 »	15,8 »		9,41	7,7 »	17,9 »		9,39	6,8 »	15,9 »	

Résistance spécifique : S = 0,01959 Coefficient de température : $x = 0{,}0043$

III. — Fil de fer zingué

$r = 1{,}507^{mm}$ $w = 1{,}2397$ U.S.

J	Δ	$v-u$	h	J	Δ	$v-u$	h	J	Δ	$v-u$	h
4,41	0,4 %	1,2° G		4,11	1,1 %	3,2° G		4,05	0,6 %	1,7° G	
6,13	1,2 »	3,5 »	0,0353	6,11	1,8 »	5,3 »	0 0191	6,71	1,3 »	3,8 »	0,0272
8,62	2,8 »	8,2 »		8,51	3,2 »	9,1 »		8,65	2,8 »	7,9 »	
								9,90	3,5 »	10,0 »	

Résistance spécifique : $s = 0{,}133$ Coefficient de température : $x = 0{,}0035$

IV. — Fil de cuivre de Weiller

$r = 0{,}458^{mm}$ $w = 1{,}658$ U.S.

J	Δ	$v-u$	h	J	Δ	$v-u$	h	J	Δ	$v-u$	h	J	Δ	$v-u$	h
4,63	1,7 %	5,9°G		4,63	1,9 %	6,7°G		4,62	2,0 %	6,9°G		4,59	2,2 %	7,7°G	
5,39	2,3 »	7,9 »	0,0668	5,38	2,8 »	9,7 »	0,0552	5,35	2,5 »	8,8 »	0,0578	5,37	2,8 »	9,8 »	0,0490
6,87	3.5 »	11,9 »		6,81	4.3 »	14,8 »		6,83	4,2 »	14,4 »		6 76	4,6 »	16,3 »	
9,09	6,0 »	20,9 »		9,09	7,5 »	25,9 »		9,19	6,6 »	22,7 »		9,01	8,0 »	27,5 »	

Résistance spécifique : $s = 0{,}02386$ Coefficent de température : $x = 0{,}0029$

La concordance entre le résultat correspondant aux différentes séries d'expériences laisse souvent à désirer, comme il est facile de s'en convaincre par l'examen des tableaux ci-joints. Tels qu'ils sont, ces tableaux donnent néanmoins une idée très approchée des variations de la résistance entre certaines limites, et, à ce point de vue, c'est un pas fait en avant. Nous espérons que M. L. Weber ne bornera pas là ses recherches, et qu'il nous donnera dans un avenir prochain une série d'observations encore plus complète que celle que nous avons aujourd'hui sous les yeux.

Sur une balance magnétique et sur les recherches expérimentales auxquelles elle a servi, par le professeur D.-E. Hughes, F. R. S.

Dans une notice sur la rigidité moléculaire de l'acier trempé, j'ai émis la théorie que les molécules du fer doux étaient comparativement libres quant à leurs mouvements entre elles, tandis qu'elles étaient extrêmement rigides dans leurs positions relatives dans le fer dur ou dans l'acier.

J'ai depuis élargi le champ de mes recherches en observant les effets de compressions et de tensions mécaniques sur la capacité magnétique de soixante espèces de fer et d'acier, depuis le plus doux fer de Suède jusqu'au plus dur acier fondu et trempé que j'ai fait recuire et tremper.

Nous savons déjà que le fer doux prend un degré plus élevé de magnétisme temporaire que l'acier et également que l'acier trempé retient le mieux que le fer doux; on pourrait par conséquent croire qu'à l'aide d'un appareil donnant des mesures correctes, on pourrait enfermer toutes les variétés de fer et d'acier entre les deux extrêmes de douceur comme dans le fer recuit et de dureté comme dans l'acier fondu fortement trempé. Tel n'est pourtant pas le cas à moins que le fer et l'acier ne soient recuits à une unité absolue ou bien magnétisés jusqu'à saturation ou à peu près.

Dans une notice récente sur la théorie du magnétisme, j'ai dit : « Pendant ces recherches, j'ai remarqué une qualité étrange du magnétisme, c'est-à-dire que non seulement les molécules peuvent être mises en rotation d'un angle quelconque jusqu'au maximum de saturation, mais encore que tandis qu'une assez grande force comparativement est nécessaire pour vaincre sa résistance à la rotation, il a un petit champ à lui à travers lequel il marche avec une liberté extrême, tremblant, vibrant et tournant d'un angle faible sous l'influence d'une force bien moins grande que celle nécsssaire pour le faire tourner des deux côtés d'une manière permanente.

« Cette qualité est tellement marquée et générale qu'elle peut être observée sans appareil spécial et dans toutes espèces de fer. »

Afin d'observer ceci dans un électro-aimant, il faut employer un courant très faible comme celui fourni par un seul élément Daniel avec une résistance extérieure de 10 à 1 000 ohms, et nous trouverons alors les lois suivantes confirmées pour toute espèce de fer et d'acier :

1° Que la capacité magnétique est en proportion directe avec la douceur ou la liberté moléculaire;

2° Que la résistance à une faible force d'aimantation externe est en proportion directe avec la dureté ou la rigidité moléculaire.

Ceci a été le cas avec soixante espèces de fer et d'acier qui m'ont été fournies directement par les fabriques, et il est à remarquer que chaque espèce de fer ou d'acier a un point passé lequel on ne peut plus l'adoucir par le recuit ni l'endurcir en le trempant; par conséquent, si toutes ces variétés étaient recuites au même point, chaque espèce aurait sa propre capacité magnétique ou un degré spécifique de valeur au moyen duquel nous pourrions de suite déterminer sa place et sa qualité.

Si au lieu de plusieurs variétés nous prenions un seul spécimen comme du fil de fer de Suède tiré dur, en notant sa capacité magnétique, nous trouvons que sa valeur augmente rapidement avec chaque recuit partiel, jusqu'à ce qu'on obtienne la limite de douceur et de sa liberté moléculaire. Nous sommes ainsi à même d'étudier la meilleure manière de recuire et de trouver de suite le degré de douceur d'un spécimen inconnu; on peut observer un effet pareil en trempant, depuis le plus doux jusqu'au plus dur trempé, jusqu'au point de la dernière rigidité moléculaire.

Nous avons ainsi dans chaque pièce de fer ou d'acier une limite de douceur comme de dureté. En trempant on n'arrive à endurcir le fer doux de Suède que de 25 o/o, tandis qu'une compression mécanique l'endurcit de 50 o/o. L'acier fondu trempé s'endurcit de 400 o/o, tandis qu'une compression mécanique ne donne que 50 o/o. Entre ces deux extrêmes, nous trouvons une longue série de fer dur et d'acier doux.

Pour ces recherches, j'ai construit un appareil que j'appelle la balance magnétique. C'est une aiguille magnétique de 5 centimètres suspendue par une fibre délicate de soie, le point zéro étant marqué sur un indicateur par une seule ligne noire ; les mouvements de l'aiguille des deux côtés sont limités à $5^{m}/^{m}$ par deux boutons d'ivoire. Quand le pôle nord de l'aiguille est placé au nord, l'aiguille reste au zéro, mais il suffit de la moindre influence externe, comme un morceau de fer de $1^{m}/^{m}$ de diamètre à une distance de 10 centimètres pour faire mouvoir l'aiguille à droite ou à gauche, selon la polarité de son magnétisme et avec une force proportionnelle à son pouvoir. Si nous pla-

çons un fil de la même polarité et force du côté opposé de l'aiguille à la même distance, les deux s'équilibrent et l'aiguille retourne au zéro, et en connaissant la valeur magnétique nécessaire pour produire l'équilibre, nous connaîtrons la valeur des deux.

Afin de pouvoir équilibrer l'action d'un morceau de fer quelconque placé dans une position ouest et est, on emploie un compensateur composé d'un aimant très fort tournant libre sur un pivot central placé à une distance de 30 centimètres ou plus, de manière à pouvoir obtenir des observations délicates.

Le tout tourne sur un cadran dont les degrés indiquent des degrés égaux d'action magnétique sur l'aiguille.

Une bobine de fil isolé, traversée par un faible courant électrique sert à magnétiser le morceau de fer qu'on observe, mais comme la bobine elle-même agirait sur l'aiguille, son influence est annulée par une autre bobine du côté opposé et nous pouvons ainsi observer le magnétisme du fer seul.

Il faut une clef, des bobines de résistances et un élément Daniell seulement. Il faut veiller avec beaucoup de soin à ce que la force électromotrice reste constante, puisqu'un petit changement de celle-ci donne une grande variation dans les observations, et beaucoup de détails de constructions importantes sont nécessaires pour obtenir des observations parfaites pour des forces magnétiques très faibles. Il faut encore plus de soin à recuire chaque spécimen de fer ou d'acier au maximum.

Plusieurs méthodes d'observations ont été employées avec la balance magnétique, mais des résultats intéressants sont obtenus en observant l'influence du magnétisme de la terre seule sur le fer ou l'acier, ou bien on peut magnétiser tous les spécimens à la même valeur et noter la quantité de courant nécessaire. Nous pouvons observer le magnétisme restant après l'interruption du courant ou l'influence d'un courant faible après le passage d'une grande force magnétique.

Avec cet appareil, j'ai essayé 60 variétés de fer et d'acier, la plupart sous forme d'un fil de 1 m/m de diamètre et d'une longueur de 10 centimètres. Pour toutes ces expériences comparatives, il est nécessaire d'avoir un modèle auquel tout le reste doit se conformer.

L'opération du recuit produit non seulement la douceur et par conséquent la liberté moléculaire, mais il enlève de plus toute tension antérieure. Ainsi, un bâton de fer tiré ou battu a une structure spéciale qui donne une plus grande force mécanique dans une direction que dans une autre. Bien trempé, à une haute température, ce bâton devient homogène et n'a plus même de traces de sa tension antérieure.

Tableau I

Influence du recuit sur le fer de Suède. — Echantillon G.

	Degrés de douceur indiqués sur la balance magnétique
Fil tiré dur comme fourni par les fabriques	230°
Recuit à chaleur noire	255
— rouge sombre	329
— rouge vif	438
— jaune	507
— jaune blanc	525

Nous observons dans le tableau ci-dessus une augmentation régulière de douceur avec l'augmentation de la température du recuit, le maximum étant au-dessous du point de fusion.

De nombreuses méthodes ont été essayées, les meilleurs résultats étaient obtenus en chauffant le fer ou l'acier aussi vite que possible à une température élevée, et en le refroidissant dans un milieu neutre ou dans l'atmosphère. Les résultats de mes recherches peuvent se résumer ainsi :

1° Le plus haut degré de douceur dans toute variété de fer ou d'acier s'obtient en chauffant rapidement à la plus haute température au-dessous du point de fusion ;

2° Le temps nécessaire au refroidissement varie en proportion directe du mélange de charbon.

Ainsi, pour le fer chimiquement pur, un refroidissement rapide ne l'endurcirait pas, tandis que l'acier pourrait demander plusieurs jours, même pour des morceaux d'un diamètre de 1 m/m seulement. La qualité du fer pur n'est pas détériorée par un refroidissement lent, quand celui-ci se fait dans un milieu neutre, il peut donc être employé toujours quand on a du temps à sa disposition.

La table suivante montre les effets du recuit sur une série de fils que MM. F. Smith et Ce, de Halifax, m'ont gracieusement fourni pour ces expériences.

Tableau II

	Capacité magnétique	
	Tiré brillant dur	Recuit
Meilleur fer de Suède 1re variété	230	525
— 2e —	236	510
— 3e —	275	503
Fer de Suède, Siemens Martin	165	430
Fer puddlé, meilleure qualité	212	340
Acier Bessemer	150	291
Acier fin fondu au creuset	50	84

La série ci-dessus contient des fers et aciers de toutes sortes, toutes les autres variétés essayées jusqu'ici sont entre l'acier fondu et le fer suédois. On verra que chaque fil augmente beaucoup en valeur par le recuit et qu'il serait impossible d'apprécier la vraie capacité magnétique sans les recuire au maximum.

Tableau III

Trempé

	Circuit magnétique
Acier fondu fin :	—
Chaleur jaune brillant refroidi dans l'eau froide. .	28
— rouge — — . .	32
Jaune brillant réduit dans de l'eau froide à couleur paille.	33
— — à couleur bleue. .	43
— refroidi à l'huile	51
— — dans de l'eau, réduit au blanc.	58
Chaleur rouge — dans de l'eau.	66
— — dans l'huile	72
Acier fondu au creuset recuit.	84
Fer au charbon de Suède recuit.	526

La table IV donne les résultats complets des essais mécaniques, chimiques et physiques en une série de fils fournis par MM. Smith et Ce, de Halifax.

Il y a dans cette table une relation complète entre la conductibilité électrique et la capacité magnétique fort remarquable; mais, tandis que j'ai trouvé cette règle confirmée pour chaque fil essayé, ce n'est que quand le fil a été complètement recuit, libre de toute tension mécanique et quand une faible force magnétique est employée et ainsi la relation n'existe que dans la sphère limitée de rotation élastique déjà mentionnée.

Tableau IV

		Résistance électrique par mille de 0 40 de diamètre.	Ténacité par pouce carré.	Capacité magnétique			Analyses chimiques						
				Étiré brillant.	Recuit.	Trempé dur.	Carbone.	Silicium.	Soufre.	Phosphore.	Manganèse.	Cuivre.	Fer.
		Ohms	Tons										
G	Fer au charbon de Suède de 1re qualité 1	191,52	28	230	525	435	0,09	trace	trace	0,012	0,06	trace	99,69
F	— — 2	198,40	30	236	510	415	0,10	trace	0,022	0,045	0,03	trace	99,70
T	— — 3	199,62	31	275	503	395	0,15	0,018	0,019	0,058	0,234	trace	99,44
S	Fer de Suède Siemens-Martin.	226,32	34	165	430	390	0,10	trace	0,035	0,034	0,324	trace	99.60
H	Fer puddlé 1re qualité.	259,92	30	212	340	328	0,10	0,09	0,03	0,218	0,234	0,015	99,11
Y'	Fer doux Bessemer homogène, 1re qualité.	266,52	35	150	291	255	0,15	0,018	0,092	0,077	0,72	trace	98,74
Y	Fer dur Bessemer homogène, 1re qualité.	312,69	50	115	172	60	0,44	0,028	0,126	0,103	1,296	trace	98,20
Z	Acier fin fondu au creuset.	350,08	55	50	84	28	0,62	0,06	0,074	0,051	1,584	trace	97,41

Je crois que cette relation est importante et d'utilité pratique, puisque nous pouvons de suite trouver la conductibilité électrique du fer et de l'acier par leur capacité magnétique et en même temps trouver le fer le plus pratique pour les électro-aimants.

Sur le pouvoir isolant et les résidus électriques de la benzine, par M. Hertz (1).

On sait que si on charge une bouteille de Leyde, qu'on la décharge complètement et qu'on l'abandonne ensuite à elle-même pendant quelque temps, il s'y reforme lentement une charge; c'est cette charge que l'on appelle le *résidu;* elle était comme dissimulée à l'intérieur du verre, et elle en sort peu à peu lorsque les armatures métalliques ont été déchargées.

La plupart des isolants solides possèdent, comme l'on sait, aussi bien que le verre, la propriété de fournir des résidus. Il résulte cependant d'une théorie de Maxwell, qu'un corps parfaitement homogène ne doit pas fournir de résidu; et d'après les expériences de Rowland et de Nichols, certains cristaux paraissent assez homogènes pour satisfaire à la théorie, c'est-à-dire pour fonctionner comme lames isolantes sans résidu.

M. Hertz a pensé qu'un liquide, tel que la benzine pourrait être facilement rendu homogène. Il a donc pris de la benzine du commerce, et il en a formé l'isolant d'un condensateur.

A cet effet il a versé la benzine dans une auge métallique dont les parois constituaient l'armature extérieure du condensateur, tandis qu'une plaque métallique isolée et suspendue dans le liquide servait d'armature intérieure. M. Hertz chargeait ce condensateur au moyen d'une pile de 100 petits éléments Daniell. Puis il le déchargeait, et on suivait la formation du résidu au moyen d'un électromètre à quadrants. En disposant autrement les

(1) *Annales de Wiedemann,* n° 10, 1883.

communications, il pouvait, au moyen de la même pile et du même électromètre, déterminer la résistance électrique de la benzine. Il suffisait pour cela, le condensateur étant chargé, et l'électromètre étant au zéro, d'intercaler la pile, le condensateur et l'électromètre dans un même circuit, et de noter la vitesse avec laquelle l'électromètre s'écartait du zéro.

M. Hertz a ainsi constaté que la benzine du commerce, au moment où on vient de la verser dans l'auge, a un pouvoir isolant très faible, et qu'il s'y forme des résidus qui atteignent jusqu'au dixième de la charge primitive. Si on a soin de laisser la benzine reposer dans l'auge pendant longtemps avant de procéder aux expériences électriques, son pouvoir isolant se trouve augmenté, et les résidus qu'elle fournit sont diminués. Si au lieu d'abandonner simplement la benzine à elle-même, on entretient dans sa masse un faible courant électrique, — et pour cela il suffit de maintenir les armatures métalliques en communication avec les pôles de la pile, — l'effet produit est plus complet que par le simple repos : c'est-à-dire que la benzine devient un isolant presque parfait, et que les résidus qu'elle fournit deviennent insensibles.

Il semble que le repos d'une part, que le passage d'un courant d'autre part, agissent en purifiant la benzine des impuretés qu'elle tient en suspension, et aient pour effet de la rendre plus homogène.

Inversement, en transvasant la benzine, en y injectant de l'air, ou en y semant des poussières quelconques, on lui rend à la fois un certain pouvoir conducteur, et la propriété de fournir des résidus. Cette propriété paraît donc liée à l'hétérogénéité du corps isolant.

Méthode simple pour étudier l'électrisation des cristaux, par A. Kundt (1).

On sait que les cristaux hémièdres jouissent de la propriété de s'électriser de différentes manières : par l'action de la chaleur, lorsque l'on fait varier leur température ; par la compression, ainsi que l'ont trouvé MM. Curie ; par l'action de la chaleur rayonnante d'après M. Hankel. Jusqu'à présent on a étudié la distribution électrique qui se fait à la surface des cristaux au moyen de l'électromètre et du plan d'épreuve, méthode longue et pénible. M. Kundt a eu l'idée de faire la même recherche en se servant du mélange de soufre et de minium que l'on emploie dans l'expérience des figures de Lichtenberg. Le mélange des deux poudres est placé dans un soufflet et projeté au-dessus du cristal à étudier. Le soufre électrisé négativement par son frottement avec le minium est alors attiré par les parties positives du cristal et les dessine en jaune, tandis que le minium dessine en rouge les parties négatives. On obtient donc d'un seul coup, et d'une manière permanente, la distribution électrique dans tous ses détails.

C'est ainsi que si l'on échauffe un cristal de quartz, on voit ses six arêtes se colorer en jaune et en rouge, les trois arêtes jaunes alternant avec les trois vertes. Une sphère de quartz se partage de même en six segments alternativement rouges et verts.

(1) *Annales de Wiedemann*, n° 12, 1883.

Sur l'existence d'une électricité solaire, par Werner Siemens (1).

Le soleil est-il électrisé ? Telle est la question que se pose M. W. Siemens. Il la rattache à la théorie de la chaleur solaire proposée par son frère, sir William Siemens, dont la science déplore la perte récente.

On se souvient que d'après cette théorie, l'espace serait rempli de matière très diluée, matière qui tomberait sur le soleil pour y donner lieu à des actions chimiques ; cette matière tomberait sur les pôles du soleil, et les produits de la combustion seraient rejetés dans l'espace par la région équatoriale du soleil, grâce à la force centrifuge de son mouvement de rotation.

M. Werner Siemens n'oublie pas les objections que MM. Faye et Hirn ont faites à cette théorie ; mais il l'admet provisoirement, comme nécessaire, selon lui, à l'existence d'une électricité solaire.

Pour qu'un corps s'électrise positivement, il faut l'intervention d'un second corps qui emporte l'électricité négative. Ici, ce second corps, ce serait la masse gazeuse qui circule dans l'espace, et qui vient en passant traverser le soleil.

A quoi peut servir l'hypothèse d'une électricité solaire ? M. Siemens pense qu'elle expliquerait peut-être les magnétismes terrestres. D'après une expérience de Rowland, le déplacement d'une masse d'électricité statique fait dévier l'aiguille aimantée, comme le ferait un courant. Or si le soleil est électrisé, la terre doit être électrisée également, ne fût-ce que par influence ; par suite son mouvement de rotation produirait les apparences de magnétisme terrestre.

Il faudrait à cet effet, que la charge électrique terrestre possédât une valeur minima, que l'on peut calculer et qui ne fut pas d'un ordre de grandeur inadmissible. Nous croyons nous rappeler que M. Rowland lui-même a fait ce calcul, il y a quelques années, dans le *Philosophical Magazine*, et que le résultat du calcul n'est pas favorable à l'hypothèse d'une charge électrique terrestre.

M. Siemens ajoute que si le soleil est électrisé,

(1) *Annales de Wiedemann*, n° 9, 1883.

cette électrisation peut produire par influence celle des nuages, et par suite elle peut expliquer un grand nombre de phénomènes de l'électricité atmosphérique. Ainsi supposons qu'un nuage se forme autour d'un pic de montagne; il s'électrisera par influence, cédera à la terre l'électricité de même nom que celle du soleil, et prendra celle de nom contraire; si le vent ensuite le détache, il gardera cette dernière électricité. De même il peut se produire, par influence, une distribution électrique entre des couches de nuages qui d'abord sont superposées, et qui ensuite viennent à se séparer.

L'astronomie, comme le dit avec raison M. Siemens, doit pouvoir apporter à la théorie de l'électricité solaire de nouveaux arguments ou de nouvelles objections. Si en effet il se produit des attractions ou répulsions électriques entre les corps du système solaire, il doit s'ensuivre des perturbations dans leurs mouvements, et c'est à l'astronomie à les mettre en évidence et à les discuter. Les valeurs des masses des planètes se trouveraient altérées, si l'attraction électrique superposait ses effets à ceux de l'attraction newtonnienne. Il est vrai, et nous croyons que l'on peut ajouter que la loi de Kepler relative au cube des grands axes cesserait d'être vérifiable, si les corps du système solaire étaient électrisés.

CORRESPONDANCE

Londres, 3 janvier 1884.

Monsieur le directeur,

Vous avez bien voulu publier dans votre numéro du 29 décembre dernier, la lettre que je vous ai adressée le 20 du même mois en rectification de l'article publié dans votre journal par M. Geraldy, sur le système Gaulard et Gibbs; mais, continuant la polémique par lui engagée, M. Geraldy cherche à démontrer dans un nouvel article que nous ne sommes que les plagiaires de ses amis. Pour mettre un terme à cette discussion, je prends dans la thèse soutenue par mon habile contradicteur la phrase suivante : « il se peut que le primaire soit d'une basse résistance, cela *prouvera* que le secondaire est d'une résistance plus basse encore », et qui démontre péremptoirement l'idée *très fausse* que les travaux antérieurs de ses amis ont donnée à M. Geraldy des phénomènes de l'induction, d'où l'explication de notre désaccord. Il résulte en effet de cette phrase, que la résistance exercée sur le courant primaire traversant l'inducteur d'un système quelconque d'induction serait proportionnelle à la résistance propre de ce circuit inducteur, tandis qu'au contraire tout notre système de distribution repose sur ce fait que la résistance exercée sur le courant primaire pour nos appareils est proportionnelle à la force électromotrice développée sur le fil secondaire, et si avant de s'engager dans cette polémique, M. Geraldy avait étudié dans les documents qu'il a consultés (l'*Electrical Review*, entre autres) la construction de nos générateurs secondaires, il se serait aperçu que la somme totale des sections des induits est inférieure de trois millimètres à la section de l'inducteur, et que chaque colonne de nos générateurs secondaires traversée par un courant primaire de 2 000 volts donne naissance sur e secondaire à des courants de 25 volts.

Il aurait ainsi constaté que la science de ses amis était incomplète, et ne nous aurait pas discuté la nouveauté de nos travaux.

Quant à la nouveauté du résultat que nous avons obtenu, elle ne sera discutable que lorsqu'il nous aura été prouvé par des faits qu'avant nous les amis de M. Geraldy ont distribué à l'aide d'un circuit de 25 kilomètres de longueur et de 4 millimètres de diamètre, et en cinq points différents des courants de 50, 60, 100, 115 volts (*ad libitum*).

C'est pour la dernière fois, monsieur le directeur, que je vous ennuie de ma correspondance, aussi permettez-moi en terminant de rappeler à M. Geraldy que s'il a le droit de critiquer mes inventions, je ne saurais lui reconnaître celui de dénaturer ma nationalité à laquelle je tiens avant tout.

Je suis Français, il le sait bien, et quelle que soit la valeur de l'invention qui nous occupe, c'est à l'abri des couleurs nationales françaises qu'elle a été présentée à l'Exposition de l'aquarium de Wesminster, à Londres, et qu'elle sera toujours présentée à l'examen des intéressés.

Veuillez agréer, etc.

LUCIEN GAULARD.

Je crois absolument inutile de répondre à cette lettre que nous insérons conformément à l'usage invariable du journal. M. Gaulard porte la discussion sur un terrain personnel où il ne me convient pas de le suivre. En ce qui concerne l'induction et la transformation, les chiffres qu'il donne suffisent à confirmer mes dires, je n'ai rien à y ajouter. Pour le reste, la parole est à l'expérience.

FRANK GERALDY.

FAITS DIVERS

On vient de faire à Paris, au ministère des finances, des expériences avec l'avertisseur électrique Charpentier. Cet appareil a été posé dans presque toute l'étendue du ministère. On sait qu'à l'aide d'un fil fusible ou de sûreté en étain, le feu forme une soudure qui établit le circuit sur les fils électriques de l'avertisseur et met en branle une sonnerie continue, laquelle avertit les pompiers. De plus, un cadran ou tableau désigne la partie de l'édifice où l'incendie a éclaté. Au cours des expériences entreprises au ministère des finances, le feu a été mis dans la partie la plus éloignée du poste des pompiers, à un rayon du dépôt des archives, situé sous les combles, du côté de la rue de Rivoli. Le circuit électrique était à peine fermé par suite de la soudure, c'est-à-dire dans un intervalle de trois minutes trente secondes, que la sonnerie avertissait les pompiers. Ceux-ci sont accourus au pas de course et ont franchi en peu d'instants environ six cents mètres à travers les couloirs et les escaliers du ministère, puis devant les personnes invitées aux expériences sont venus mettre en batterie leurs engins et machines.

La *British Electric Light Company*, dit l'*Electrician* de Londres, a adressé au conseil de la Reine « une pétition pour la prolongation du droit d'employer et de vendre seule une invention relative à des perfectionnements dans les machines magnéto-électriques, dont le brevet a été accordé à Zenobe-Théophile Gramme et au vicomte Louis-Charles d'Ivernois, tous deux de Paris (France), par lettres patentes de Sa Majesté portant la date du 9 juin 1870, nº 1668, pour le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande, les îles du canal et l'île de Man, lesquelles lettres patentes sont actuellement la propriété de ladite British Electric Light Company. » La *London Gazette* annonce aussi que cette Compa-

gnie a l'intention de s'adresser au comité judiciaire du Conseil privé, le premier mars, ou, si ledit comité ne siège pas ce jour-là, lors de la première séance suivant cette date, afin de demander la fixation d'une date pour l'exposé de ladite pétition. Elle annonce en outre que toute opposition proposée à cette pétition doit être signifiée le premier mars 1884 ou avant, et que toute personne ayant l'intention de faire opposition doit déposer un caveat à cet effet au bureau du Conseil, à cette date ou auparavant.

On parle d'une conférence d'électriciens à Philadelphie à l'occasion de l'Exposition d'électricité.

Un chemin de fer électrique va être construit à Montreux dans le canton de Vaud en Suisse. Ce chemin, spécialement établi pour le service et l'agrément des touristes, est destiné à relier l'hôtel des Alpes, situé à Territet et l'hôtel du Mont-Fleuri qui se trouve sur les flancs du Mont de Glyon. Une convention a été passée avec MM. de Meuron et Cuénod pour la construction de ce railway électrique qui aura une moyenne de quarante pour cent de pente. A Territet, existent déjà des turbines qui avec une légère modification, permettront de charger les accumulateurs servant à actionner la machine. Tout a été prévu pour la commodité et la sécurité des voyageurs sur ce chemin de fer électrique qui ne sera pas inférieur au point de vue des perfectionnements à celui de Portrush dans le comté d'Antrim, en Irlande, ainsi qu'aux autres railways du même genre établis en différents pays.

La *Japan Mail* du 20 octobre contient quelques détails concernant les phénomènes lumineux observés ces mois derniers.

« Depuis le 13 octobre, rapporte ce journal, une sorte de brume constante s'est répandue à travers l'atmosphère de Sapporo, dans l'île de Yeso, la plus septentrionale de toutes les grandes îles du Japon. Le soleil et la lune étaient d'une couleur rouge sang. Une pluie de cendres ne cessait de tomber. Ce phénomène est attribué à quelque éruption volcanique. »

Il vient de se fonder, à Bâle, une nouvelle fabrique d'horloges électriques avec un personnel de soixante ouvriers.

Éclairage électrique

A Paris, la place du Carrousel continuera pendant l'année 1884 à être éclairée par l'électricité. Les frais de cet éclairage s'élèveront à une trentaine de mille francs, moyennant lesquels la Compagnie concessionnaire tient un personnel toujours prêt à allumer les becs de gaz dans le cas où l'électricité présenterait des interruptions. Les appareils, maintenant en service, vont être modifiés. On a constaté que leur trop grande élévation empêchait la place du Carrousel de recevoir toute la lumière qu'ils peuvent fournir. La ville de Paris prendra à sa charge les appareils actuellement existants si les essais donnent les résultats qu'on en attend

Au grand opéra de Paris vient d'être faite une nouvelle application de l'électricité. Au deuxième acte de la *Farandole*, quatre-vingts danseuses se trouvent instantanément parées au-dessus du front d'une étoile étincelante.

Cette étoile est produite à l'aide d'une pile Scrivanow dans la composition de laquelle entrent le chlorure d'argent, la potasse ou la soude et le zinc.

Le dimanche 23 décembre dernier, à l'occasion d'une conférence faite par M. Ferdinand de Lesseps sur la demande de la *Conférence d'Abbeville et de Ponthieu*, un banquet lui a été offert dans la vaste serre du jardin municip

La salle du banquet était éclairée électriquement; au-dessus de la table d'honneur étalt disposé un lustre de 13 lampes Edison de 16 bougies. D'autres lampes éclairaient en outre les extrémités de la serre et faisaient un effet magnifique sur la verdure environnante.

Le courant était fourni par une machine Edison E gracieusement mise à la disposition des organisateurs par M. Bouvant-Brossier, dont l'usine est éclairée depuis le commencement de l'hiver par des lampes Edison.

L'installation avait été faite par la Société Edison, avec le concours de M. Moynier de Villepoix, le propagateur de l'éclairage électrique à Abbeville.

A Saint-Etienne, le café de la Place de la Badouillère et plusieurs maisons sont éclairés d'une usine centrale d'électricité établie par la Lyons Electrical Power Storage Company. Une turbine actionnée par une chute de la rivière Furens qui traverse la ville de Saint-Etienne et dont les eaux sont renommées pour la trempe de l'acier, fournit la force motrice, et la station génératrice se trouve rue du Bas-Vernay dans les soubassements d'une fabrique où la puissance hydraulique du Furens est depuis quelque temps utilisée pour la fabrication d'armes. Deux câbles partent de la machine dynamo, une Siemens D^2, pour aboutir au café de la Badouillère où sont installés soixante-neuf accumulateurs, tandis qu'un autre câble va des batteries aux différents points où sont disposées les lampes. Le circuit a une longueur totale de douze cents mètres et le nombre des lampes Swan en fonction est de trente-quatre. La machine dynamo donne 51 volts et 30 ampères.

La lampe-soleil a été employée à Angers à l'éclairage de la grande salle du café Garnault avec un succès aussi grand que mérité, la coloration de la lumière est remarquable et sa fixité est absolue.

L'installation, qui comprend 4 foyers de 100 carcels avec une machine auto-excitatrice Gramme, a produit un effet absolument saisissant, et déjà la création d'une usine centrale distribuant la lumière électrique aux particuliers est chose décidée. Angers aura ainsi l'honneur de posséder la première usine électrique en France.

A Biarritz, à l'occasion du premier grand bal de la saison d'hiver offert à la colonie étrangère, le parc et les jardins du Palais-Biarritz ont été brillamment illuminés par la lumière électrique.

A Nice, l'Exposition internationale qui vient d'être inaugurée est en partie éclairée avec des lampes à incandescence.

La rivière la Scarpe, qui prend sa source dans le Pas-de-Calais, passe à Arras, Douai, Saint-Amand et se jette dans l'Escaut, est navigable depuis Arras au moyen d'écluses.

L'électricité sert actuellement à l'éclairage sur une partie de ce cours d'eau. La lumière électrique permet à la batellerie de franchir la nuit les écluses de Douai.

Montreux sera la première ville suisse entièrement éclairée à la lumière électrique, une Société ayant été formée pour obtenir des concessions à cet effet. C'est l'eau du lac de Genève qui servira à fournir la force motrice, et la construction d'une usine importante va être commencée immédiatement.

A Londres, trois étages des magasins et dépôts de la Junior Army and Navy Co-operative Society, situés dans Re-

gent-Street, sont maintenant éclairés à l'électricité. L'installation comprend soixante-quinze lampes à incandescence Gatehouse de vingt candles chacune. Le courant est produit par une dynamo Siemens D^2, actionnée par un moteur à gaz Otto de seize chevaux.

A Shoeburyness, près de Londres, vient d'avoir lieu une série d'expériences en vue de l'utilisation de la lumière électrique pour les opérations militaires. Une partie de ces expériences qui ont donné de bons résultats a été consacrée au tir de grandes et de petites armes à feu, dans le but d'éteindre la lumière. Les artilleurs n'ont pu parvenir à détruire les feux électriques, et bien qu'une troupe choisie de fusiliers ait réussi à loger de nombreuses balles sur les réflecteurs, et fait plier le fil, leurs efforts sont restés également vains.

On fait des préparations pour éclairer la Westminster Abbey au moyen de l'électricité.

En Angleterre, le château de M. W. Brewis, Chesterford Park, Saffron Walden, est éclairé avec des lampes à incandescence du système Swan.

A Sheffield, les ateliers et magasins de la coutellerie Joseph Rogers et fils sont pourvus de lampes incandescentes. Le système adopté est celui de Swan.

A Ringwood, dans le comté de Southampton, une exposition industrielle, organisée par lord Shaftesbury, a été pourvue d'un éclairage de six lampes à arc Pilsen, alimentées par une machine dynamo Schuckert. On a vu à cette exposition des spécimens de commutateurs, de pièces de sûreté et divers appareils électriques. MM. Woodhouse et Rawson exposaient une lampe incandescente pour études microscopiques, et une lampe pour opérations chirurgicales qui brûlait dans un petit tube plein d'eau.

La lumière électrique a été adoptée dernièrement par MM. Pollit et Wiggett, ingénieurs à Sorverby, pour l'éclairage de leur fabrique. Ils ont placé la machine Crompton-Bürgin et cinq lampes DD, dont trois dans la fonderie, et une dans deux autres locaux, où elles n'étaient destinées à donner qu'un éclairage général, mais leur lumière a été si forte et si fixe qu'on n'a presque pas eu besoin du gaz. Jusqu'ici, on n'a pas cru pouvoir employer moins de deux lampes à cause des ombres, mais M. Hartnell a démontré pratiquement qu'une seule lampe suffit pour un éclairage général.

Les steamers anglais *Dacia* et *International* de la Silvertown Company qui viennent de poser le câble électrique de Cadix aux îles Canaries sont pourvus d'installations électriques tout à fait perfectionnées et aussi complètes qu'on peut les rencontrer à terre dans un hôtel par exemple. C'est ainsi qu'outre un système de sonneries et d'avertisseurs électriques, de télégraphes et de téléphones, il y a un éclairage de lampes à incandescence dans les salons et que des foyers à arc sont placés sur le pont, afin de faciliter le travail pendant la marche des machines servant à la pose des câbles.

Une Compagnie de gaz de Dublin, l'Alliance Gas Company, vient d'acheter le fonds d'une Compagnie électrique, la Dublin Brush Electric Light Company, en vue de faire des installations d'éclairage à l'électricité.

M. Hartnell, de Leeds, a éclairé la semaine dernière un grand salon à Bedall Hall avec 56 lampes à incandescence Swan. L'installation a eu beaucoup de succès.

Actuellement, la Compagnie électrique Edison compte en Europe environ vingt-deux mille cinq cents lampes à incandescence. Elle a, en outre, des stations centrales à Londres, Milan, Amsterdam, Rotterdam. C'est en Allemagne qu'elle a installé le plus grand nombre de lampes. Il y en a près de sept mille. Viennent ensuite la France avec quatre mille cinq cents, l'Autriche-Hongrie avec quatre mille, la Russie trois mille, l'Italie deux mille deux cents.

A Saint-Pétersbourg vient de se fonder une Compagnie électro-technique sous le titre de Société Electrotechnique pétersbourgeoise. Elle a spécialement pour objet l'éclairage à l'électricité dans les villes et grands centres de la Russie.

L'installation de l'éclairage de la Scala, à Milan, par le système Edison vient d'être terminée ; elle se compose d'environ deux mille lampes à 16 bougies.

Aux États-Unis, les fabriques des Pullman Palace Cars vont être complètement éclairées à l'électricité. On se servira de foyers Brush et de lampes à incandescence du système Swan.

A New-York, le Niblo's Garden a reçu toute une installation électrique, consistant en une machine dynamo Edison K, capable d'alimenter cinq cents lampes B de huit candles.

A ce théâtre, à chaque représentation d'*Excelsior*, on allume des lampes à incandescence. A la dernière scène, les danseuses tiennent à la main des baguettes de fée, munies à leur extrémité d'une lampe Edison, et des guirlandes de lampes incandescentes sont disposées en l'air au-dessus de la scène. A un signal donné toutes les lampes, au nombre de quatre cents, s'allument à la fois et produisent un effet magique.

Quatre mille huit cents lampes incandescentes, du système Edison, ont été distribuées dans les bâtiments de l'Exposition récemment inaugurée à Louisville, dans le Kentucky, aux États-Unis. L'édifice, qui est un des plus grands de ce genre que l'on ait construits en Amérique, est entièrement éclairé à l'électricité. Dans les bâtiments du sud, on ne compte pas moins de trois mille neuf cent quatre-vingt-dix-huit lampes de seize candles, soit un total de soixante-trois mille neuf cent soixante-huit candles, et une moyenne de cent soixante-quinze pieds carrés par lampe. Il y a quinze machines dynamo. Les conducteurs en cuivre mesureraient quarante milles s'ils étaient tendus sur une seule ligne.

Cette colossale installation d'éclairage équivaut à une installation de gaz de trente-cinq mille pieds cubes par heure.

A Indianapolis, capitale de l'Indiana, aux États-Unis, viennent d'être essayées des lampes électriques du système Smith Woolley pour locomotives.

Leadville, dans l'Etat de Colorado, va être éclairée à l'électricité. Les conducteurs pour le système d'éclairage adopté ne seront pas souterrains.

Un nouveau cuirassé récemment lancé à Vallejo, en Californie et destiné à l'escadre américaine des côtes du Pacifique, le *Monadnock*, d'une capacité de douze cent soixante-seize tonnes, avec un déplacement de trois mille huit cent soixante-trois pieds, doit être éclairé à l'électricité.

Le *Trenton*, vaisseau de la flotte des Etats-Unis, vient d'être pourvu de nouveaux feux électriques avec réflecteurs du système Mangin.

Le nouveau navire le *Dolphin*, de la marine américaine, sera éclairé à la lumière électrique.

Dans l'Inde, l'éclairage électrique qui commençait à prendre une certaine extension, subit un temps d'arrêt. Le gouvernement a, en effet, interdit l'établissement des lignes aériennes et a ordonné de les remplacer par des lignes souterraines. A Bombay, le major Strutt, gérant de l'Eastern Electric Light and Power Company, avait obtenu de la municipalité l'autorisation de poser des conducteurs pour l'électricité au-dessus des chaussées. Il y a deux ans, cette Compagnie signait son premier contrat pour l'éclairage des marchés de Bombay; elle entreprit ensuite l'éclairage des docks du Prince pour le service de l'embarquement des troupes. La décision du gouvernement de l'Inde relative aux fils aériens a depuis complètement paralysé ses opérations; car, dans un climat comme celui de l'Inde, le système souterrain ne peut guère être appliqué pour l'éclairage. Cependant l'Eastern Electric Light and Power Company s'est conformée aux ordres du gouvernement et s'est mise à poser ses fils sous le sol. Mais à l'époque des grandes pluies les conduites se remplissent tellement d'eau que les lampes s'éteignent. C'est ce qui est arrivé à Surate, le grand port de l'Hindoustan, dans la Présidence de Bombay. Néanmoins, à l'expiration du contrat passé avec la ville de Bombay par la Compagnie actuelle du gaz, contrat qui expire dans quatre ans, l'Eastern Electric and Power Company compte être appelée à éclairer les rues de Bombay au moyen de cinq à six cents lampes.

Les pêcheurs se servent quelquefois d'une lumière pour attirer les poissons dans les filets pendant la nuit, mais avant l'invention des lampes à incandescence il n'y avait pas de moyens commodes pour obtenir une lumière sous l'eau; des expériences ont été faites dernièrement par le steamer *Alontres* de la marine américaine, pourvu de tous les appareils nécessaires, mais il serait difficile néanmoins de se prononcer dès à présent sur la valeur de cette application de la lumière électrique.

Ce n'est pas sans difficultés qu'on est arrivé à produire la lumière à une profondeur considérable. La Compagnie Edison avait construit une lanterne de deux épaisseurs de verre, de forme hémisphirique, dont le côté plat était attaché solidement à un disque en bronze sur lequel on avait placé 3 lampes de 16 bougies en arc multiple. A une profondeur moyenne, les lampes brûlaient parfaitement, mais à 150 pieds l'eau entra et les lampes s'éteignirent. Une lampe pareille, mais mieux garantie, fut essayée, mais les parois de verre furent écrasées par la pression de l'eau. Une nouvelle expérience fut tentée avec une simple lampe Edison, le verre étant cylindrique avec un bout de forme hémisphérique pour donner de la force, les fils fins de platine passant par un bout sans aucun attachement externe; M. Bavid, l'ingénieur chargé de ces expériences, réussit à souder à ceux-ci les fils de cuivre du câble, mais un des fils de platine fut cassé par l'opération au point où il entrait dans le verre.

On réussit mieux avec une autre lampe de même type, mais avant d'être à une profondeur de 100 pieds, le fil délicat de platine fut coupé sur le verre par la pression de l'eau.

La Compagnie Edison a alors produit une autre lampe où les fils de platine étaient soudés à des fils de cuivre dans une cavité de verre remplie de résine, d'où sortaient les fils de cuivre, pour l'attachement, roulés en spirale et soudés aux bouts des gros fils du câble, en les séparant par un morceau de bois, donnant ainsi un peu de liberté de mouvement sans risque de couper ou casser les fils. La soudure était garantie par un moule en papier rempli d'une composition isolante, entouré de rubans isolants et de caoutchouc fondu. La lampe fut descendue à une profondeur de 750 pieds sans aucune indication d'insuccès. Afin de s'assurer toujours de son fonctionnement, on avait substitué une autre lampe au commutateur à cheville; les deux lampes étant ainsi dans le même circuit donnaient une lumière rouge cerise au lieu de blanche, et dans le cas d'un accident arrivé à la lampe dans l'eau, la lumière de la lampe d'en haut aurait immédiatement donné une lumière blanche éclatante.

Télégraphie et Téléphonie

Le ministre des postes et télégraphes fait envoyer 3 800 mètres de câble sous-marin à Toulon, dont 2 000 mètres sont destinés à la Cochinchine et 1 800 au Tonkin. Les câbles partiront de Toulon le mois prochain par le premier transport.

Le nouveau câble posé entre Cadix et les îles Canaries vient d'être inauguré. Le prix de l'Angleterre à Ténériffe, Palma et Gren Canaria est de 1 fr. 80 par mot.

En Belgique, dans un délai de trois ou quatre mois, le réseau des lignes de télégraphe doit être approprié aux communications par téléphone. Le ministre des travaux publics de Belgique vient, en effet, d'approuver la convention passée pour ce nouveau service, qui permettra aux principales villes de la Belgique de correspondre entre elles au moyen du téléphone sur une longueur de fils d'environ trente mille kilomètres.

La grande Compagnie des Télégraphes du Nord vient de terminer et de livrer au public les doubles de ses câbles dans l'Asie orientale. Ils sont destinés à assurer la correspondance entre les mêmes points que les anciens et relient, comme on le sait, Vladivostock à Nagasaki, et Nagasaki à Sanghaï, viâ Gutzlow. Les nouveaux câbles, qui sont beaucoup plus solides que les anciens, ont une longueur totale de douze cent trente milles marins et ont été fabriqués par la Telegraph construction and Maintenance Company, à Londres. Ce sont les steamers de cette Compagnie et le vapeur danois *Stave Nordiok* qui en ont effectué la pose. La Compagnie anglaise de l'Eastern Extension Telegraph ayant déjà, d'après une convention conclue avec la grande Compagnie des Télégraphes du Nord, doublé l'automne dernier des câbles entre Sanghaï et Hong-Kong, tous les câbles de la Société se trouvent maintenant doublés dans l'Asie orientale. La pose d'un câble sous-marin reliant le Japon à la presqu'île de Corée doit avoir lieu prochainement.

Les vapeurs *Kanguroo* et *Calabria*, de la Telegraph Construction and Maintenance Company, vont poser un câble électrique sous-marin entre le cap Saint-Jacques, en Cochinchine, et un point de la côte du Tonkin voisin du phare du Doson, à l'embouchure du fleuve Rouge, d'où il sera prolongé jusqu'à Haïphong par une ligne fluviale ou souterraine. Une convention intervenue entre le ministre de la marine et des colonies et une Compagnie anglaise, l'Eastern Extension Telegraph Company, relativement à la pose de ce câble, a été ratifiée par la Chambre des députés et le Sénat. Déjà un premier projet avait été rejeté par la Chambre des députés, le 1er août 1883. Si ce projet avait été adopté, la France serait, depuis le 11 novembre, en communication directe avec Haïphong, tandis qu'actuellement les nouvelles n'arrivent que par le bateau du Tonkin à Saïgon, en cinq jours, puis de Saïgon à Paris. D'après la nouvelle convention, l'Eastern Extension Telegraph Company n'a plus à sa charge que l'entretien du câble, l'exploitation devant être faite par l'administration française. Une station intermé-

diaire devra être créée à Thuan-An. L'Etat s'engage à donner une somme annuelle de deux cent soixante-cinq mille francs. Le câble à immerger ne pèse pas moins de deux mille cinq cent cinquante tonnes. Lorsque le câble d'atterrissage aura été posé à Thuan-An, un des vapeurs remontera sur Haïphoug pour mouiller la section de Thuan-An à Haïphong, tandis que l'autre descendra dans le sud avec le câble de Thuan-An au cap Saint-Jacques.

Les communications télégraphiques du Turkestan avec la Russie d'Europe et le Caucase n'avaient lieu jusqu'ici que par Catherinebourg, Omsk et Semipalatinsk. Il y avait plusieurs solutions de continuité. L'établissement d'une ligne télégraphique entre Perovsk et Orsk par Kazalinsk fournit maintenant une communication directe. Désormais, la correspondance télégraphique de l'Europe avec le Turkestan sera expédiée par Orenbourg sur l'Oural où seront concentrées toutes les dépêches directement jusqu'à Tachkend, la grande station des caravanes entre Orenbourg et Khokand dans le Turkestan, sur une longueur de dix-neuf cents verstes, sans solution de continuité aux stations intermédiaires.

A New-York, on s'occupe beaucoup de la pose sous terre des fils conducteurs pour la téléphonie, la télégraphie, l'éclairage, etc. Une lettre de M. Behrens, secrétaire du comité des communications souterraines de New-York, donne quelques détails sur ce sujet. Le problème que le comité s'est proposé de résoudre est de placer tous les fils conducteurs, quelle que soit leur destination, dans un même conduit souterrain et de façon que tous les fils soient facilement accessibles et que toutes les réparations puissent se faire aisément. Le problème n'est pas sans présenter des difficultés, car il faut que les fils soient placés de manière à ne pas réagir les uns sur les autres et de façon qu'il n'y ait pas de phénomènes d'induction.

Le comité a examiné plus de 600 brevets et devis et a reçu des sociétés scientifiques du monde entier de nombreux documents relatifs à la question. Ces essais n'ont pas abouti encore à un système idéal, mais il est du plus haut intérêt pour toutes les municipalités de faire parvenir au comité le plus d'informations possible. MM. Woodhouse et Rawson ont consenti à servir d'intermédiaires et à recueillir les informations.

En décembre 1882, la Société générale des Téléphones de Paris comptait trois mille neuf cent cinquante abonnés. Elle en avait, en décembre 1883, cinq mille cent seize. En décembre 1882, il n'y en avait que trois mille cinq cent vingt-quatre en service, tandis qu'en décembre 1883 on en trouve quatre mille sept cent quatre-vingt-quatorze de reliés.

Un service téléphonique vient d'être inauguré entre la Bourse de Berlin et Magdebourg. La distance entre les deux villes est par le fil de téléphone supérieure à cent quarante kilomètres. La nouvelle communication téléphonique dont dispose maintenant le public chaque jour, est la première de ce genre qu'on ait installée en Allemagne pour une aussi grande distance. L'usage de l'appareil coûte deux marcs, que doit donner la personne faisant un appel, et le service est laissé libre au public de midi à trois heures. Les ordres de Bourse et toutes opérations sont adressés par téléphone et directement de Magdebourg à Berlin, et de la capitale les avis d'exécution des ordres sont expédiés de même aux clients qui attendent les réponses à Magdebourg. Malgré la distance, qui dépasse trente-cinq lieues, la voix arrive d'une manière distincte.

A Florence, la Société italienne des téléphones vient de conclure un arrangement avec une association de capitalistes anglais pour la constitution d'une Société téléphonique de l'Italie centrale en vue de l'exploitation des réseaux de Florence, Bologne, Livourne et Pise.

Des communications téléphoniques ont été établies entre la ville de Douvres et plusieurs endroits sur la côte d'une importance stratégique. En cas de guerre, on se propose de les utiliser pour les manœuvres des batteries qui seront ainsi dirigées d'un point plus élevé.

A Bâle, chef-lieu du canton de Bâle-Ville, en Suisse, le téléphone prend un assez grand développement. On compte aujourd'hui à Bâle-Ville trois cent soixante-seize abonnés au téléphone, et neuf stations téléphoniques.

De Saint-Pétersbourg au palais de Gatschina, résidence du czar, la première représentation de l'opéra *Richard III* a été transmise téléphoniquement ces jours derniers. Le czar qui, par suite d'un accident de voiture, était empêché d'assister à cette représentation, a pu en entendre une partie de son palais même, grâce aux appareils téléphoniques qui s'y trouvent installés.

En Espagne, les concessionnaires de réseaux téléphoniques se plaignent de la lenteur que met le gouvernement à donner son autorisation définitive aux installations de téléphone dans les villes de la péninsule.

Les concessions n'ont, en effet, été accordées qu'à titre provisoire, et le conseil d'Etat n'ayant pas rendu sa décision, le public reste privé du nouveau mode de communication qui se propage si vite dans les différents pays. Cependant, à Madrid, le gouverneur de la capitale vient de faire adopter le téléphone dans un projet de réforme relativement au service des incendies.

Les avertissements qui se font actuellement à l'aide des cloches des paroisses, seront remplacés par les avertissements téléphoniques partout où existera un service de pompiers.

Dans chaque district sera établi un poste de téléphone, en vue de donner avis des sinistres, et ce poste communiquera avec le palais du gouvernement, avec l'Ayuntamiento et la Capitainerie générale.

En Pensylvanie, existent un grand nombre de réseaux téléphoniques, et plusieurs villes communiquent entre elles téléphoniquement. Reading, Pottsville, Lancaster, York, Carlisle, Harrisburg sont, en effet, reliées l'une à l'autre par te téléphone.

Les téléphones continuent à prendre une plus grande extension de jour en jour, et le réseau le plus étendu, celui de la Central Union Telephone Cy à Chicago ne compte aujourd'hui pas moins de 17 000 abonnés; mais ce n'est pas seulement en Amérique que les téléphones trouvent des adhérents, le réseau de la Havane a 650 abonnés, la Melbourne Telephone Exchange Cy a 650 abonnés à Melbourne, 81 à Ballarat et 37 à Sandhurst. Le gouvernement s'est chargé de l'installation de Sydney où il y a déjà 260 abonnés, Brisbane, Maryborough et Rockhampton en Queensland sont également dotés d'installations téléphoniques ; et enfin à New-Zealand, le gouvernement a construit des réseaux à Dunadin avec 237 abonnés, à Auckland avec 151, à Christchurch avec 125 et à Wellington avec 60 abonnés. Même la Chine a suivi ce mouvement général, et la China and Japan Telephone Cy possède 77 installations à Sanghaï et 40 à Hongkong.

Le Gérant : A. NOAILLON.

Paris. — Imprimerie P. Mouillot, 13, quai Voltaire. — 44598

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

51, rue Vivienne, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ. — DIRECTEUR SCIENTIFIQUE : TH. DU MONCEL

ADMINISTRATEUR : H. SARONI

6e ANNÉE (TOME XI) SAMEDI 19 JANVIER 1884 N° 3

SOMMAIRE

Un coup d'œil rétrospectif sur le tissage électrique; Th. du Moncel. — De la répartition de la lumière dans une installation d'éclairage électrique; P. Clémenceau. — Application de l'électricité à la manœuvre des chemins de fer (2e article); M. Cossmann. — Les premiers pas de l'éclairage électrique; Aug. Guerout. — Les nouveaux appareils intégrateurs électriques de sir W. Thomson; G. Richard. — Revue des travaux récents en électricité : La pile de MM. Holmes et Burke. — Emploi du tourniquet électrique comme instrument de mesure, par M. Kæmpfer. — Une expérience sur la pile thermo-électrique par M. Von Waltenhofen. — Note sur le mode d'action des paratonnerres du système de M. Melsens, par M. H. Valerius. — Observations relatives aux courants telluriques, par M. Larroque. — La condensation de la vapeur d'eau est-elle une source d'électricité? par M. Kalischer. — Sur la relation entre la résistance électrique des liquides et leur coefficient de frottement intérieur, par E. Wiedemann. — Le fusil électrique de M. Petronel. — Correspondance : Lettre de M. Marcillac. — Faits divers.

UN COUP-D'ŒIL RÉTROSPECTIF

SUR

LE TISSAGE ÉLECTRIQUE

Des différentes applications de l'électricité, aucune n'a eu plus de retentissement que celle qui en a été faite il y a près de 30 ans aux métiers de tissage. Tous les journaux des années 1855 et 1856 étaient, en effet, remplis des effets merveilleux fournis par ces métiers qui devaient, selon eux, renverser sans nul doute les métiers Jacquart. C'était M. Bonelli qui, avec le talent de mise en scène qu'il savait déployer pour faire valoir ses inventions, avait provoqué tout ce tapage. Malheureusement pour lui, l'électricité n'avait pas été appliquée en cette occasion dans les conditions qui convenaient à sa nature, et qui pouvaient en faire préférer l'emploi aux moyens mécaniques ordinairement employés; dès lors cette invention n'avait pas sa raison d'être. Il s'agissait, en effet, de remplacer les cartons des métiers Jacquart par des espèces d'interrupteurs électriques qui exigeaient, par conséquent, pour produire les effets mécaniques fournis directement par le métier, des électro-aimants et une pile assez énergique. Or, à quoi bon employer un intermédiaire aussi coûteux et aussi capricieux que l'électricité pour produire une action mécanique que le seul mouvement du métier pouvait remplir d'une manière plus certaine? C'était, suivant la locution proverbiale, prendre un cric pour déboucher une bouteille, et cette application était d'autant plus inintelligente dans ces conditions, que l'économie qu'on devait réaliser, suivant M. Bonelli, dans la construction du commutateur, était tout à fait illusoire d'après les hommes de l'art. Quoi qu'il en soit, cette invention n'a pas eu le succès définitif qu'en attendait son auteur, et après avoir encore fait parler d'elle pendant quelques années et avoir même figuré à l'exposition de Londres de 1862, elle a fini par sombrer pour ne plus se relever, en entraînant avec elle tous les appareils perfectionnés qu'elle avait fait surgir.

En raison du bruit qu'elle a fait, et pour désabuser les personnes qui seraient tentées d'appliquer l'électricité dans des conditions semblables, nous avons cru devoir lui consacrer quelques colonnes. Nous nous dispenserons, toutefois, de rapporter la polémique que cette question avait soulevée dans le temps dans les journaux industriels, et que nous avons rapportée dans la seconde édition de notre *Exposé des applications de l'électricité* (tome III, p. 12 et suiv.).

Pour bien comprendre la disposition du mécanisme Bonelli, il faudrait se rendre compte du principe des métiers à la Jacquart; or, c'est une question assez difficile et assez longue à expliquer. Je vais néanmoins tâcher d'en donner une légère idée.

Un tissu ordinaire comme la toile se compose, ainsi que tout le monde le sait, de fils croisés alternativement les uns sur les autres. Or, pour que ce croisement s'effectue d'une manière prompte et exacte, il faut que, par un moyen mécanique, les fils qui sont tendus sur toute la longueur de l'étoffe et que l'on appelle *fils de la chaîne*, se trouvent séparés

deux à deux, de manière que moitié soit en haut et moitié en bas, afin qu'on puisse en faire passer un en travers. Il faut de plus qu'à chaque *duite* ou à chaque passage de ce dernier fil appelé *fil de la trame*, les fils soulevés se croisent pour être séparés de nouveau, mais dans un ordre inverse, car alors le fil de la trame, en se repliant et en repassant en travers des fils de la chaîne, forme une nouvelle *duite* qu'il devient facile de serrer contre sa voisine à l'aide d'un peigne à bascule qu'on manœuvre à chaque révolution de la navette.

Tel est l'objet et le principe des métiers de tissage quand ils ne doivent être employés que pour la confection d'étoffes à tissu croisé; mais quand il s'agit d'étoffes façonnées et particulièrement d'étoffes à couleurs variées, la question n'est plus aussi simple : il faut non seulement que des crochets saisissent en temps opportun ceux des fils de la chaîne qui se rapportent par leur couleur et leur position au dessin, mais encore que les navettes changent elles-mêmes et qu'une trame, qu'on pourrait peut-être appeler trame de résistance, vienne réunir tous ces fils entre eux après qu'ils ont été tissés suivant le dessin.

Avant Jacquart, les étoffes façonnées, les tissus à dessins se faisaient en Europe comme on les fait encore aujourd'hui dans l'Inde. Pour chaque métier il fallait trois ouvriers : un *liseur de dessins*, un *tireur de lacs ou de fils*, et un *tisserand* ou *tisseur*. Voici comment le travail s'exécutait :

On représentait le modèle du dessin à reproduire sur un grand tableau divisé en une multitude de petits carrés comme une table de Pythagore. Les lignes horizontales de ce tableau répondaient à la chaîne du tissu, les autres à la trame. Les petits carrés figuraient les points que les fils de l'étoffe forment en s'entrecroisant. Un signe placé sur ce tableau indiquait s'il fallait élever ou abaisser le fil de la chaîne.

Quand tout se trouvait ainsi disposé, le *liseur* se plaçait debout devant le tableau et commandait la manœuvre.

Assis devant le métier, le tisserand avait sous la main les navettes chargées des différentes couleurs qui devaient servir à former la trame. Le tireur de lacs ou de fils se tenait prêt à élever ou à abaisser les fils de la chaîne.

Alors le liseur, suivant de gauche à droite une des rangées horizontales du tableau, disait au tireur de lacs : levez tel ou tel fil. Quand le fil indiqué avait été levé, il disait au tisseur : lancez telle couleur, et le tisseur lançait la navette chargée de la couleur désignée.

Dans la fabrique lyonnaise, le travail du liseur était confié à une femme; quant au tireur de lacs c'était toujours un enfant.

Déjà, avant la découverte de Jacquart, le célèbre Vaucanson avait inventé et proposé une machine qui abrégeait considérablement le travail du tissage; mais les corporations ouvrières de Lyon, par suite de préjugés et de craintes que l'ignorance du vulgaire entretenait alors contre l'emploi des machines, s'étaient fortement opposées à son adoption, de sorte que son usage s'était fort peu étendu; elle avait d'ailleurs l'inconvénient de ne pouvoir produire que de très petits dessins, des fleurs ou des figures uniformes et de médiocre dimension.

Voici, suivant M. Figuier, auquel nous empruntons ces détails historiques, quelle était la disposition de la machine Vaucanson, qui existe encore au Conservatoire des Arts et Métiers :

« Vaucanson attacha tous les fils de la chaîne, à l'aide d'un petit œil de verre appelé *maillon*, à une mince ficelle, et chacune de ces ficelles fut fixée à une aiguille de fer. Il réunit par le haut toutes ces aiguilles, qui formèrent une sorte de parallélogramme allongé au-dessus duquel il plaça un cylindre de même dimension, qui se trouvait percé de trous régulièrement disposés. Ces trous correspondaient aux fils de la chaîne qui devaient être levés pour former le dessin, et le cylindre lui-même pouvait tourner d'une quantité constante après chaque coup de navette, par l'intermédiaire d'un encliquetage mis en mouvement, à l'aide d'une pédale, par le tisseur. Les aiguilles de fer étaient sollicitées de bas en haut par des ressorts à boudin, de sorte qu'elles pouvaient toutes appuyer contre la surface du cylindre. Quand elles ne rencontraient que les *pleins* de cette surface cylindrique, elles ne bougeaient pas de place; mais quand un trou venait à se présenter devant elles, elles s'y enfonçaient, et, par ce mouvement, elles obligeaient les têtes de crochet soutenant les fils de la chaîne à se présenter à des traverses de fer soulevées de bas en haut par la pédale du tisseur. Les fils étaient donc ainsi soulevés d'après les trous du cylindre qui formaient le dessin, et c'était alors que la navette portait la trame au travers de ces fils, les uns soulevés, les autres droits, qu'elle s'y enchevêtrait et qu'elle traçait sur l'étoffe les dessins dont on voulait l'enrichir.

« Le cylindre percé de trous, imaginé par Vaucanson pour faciliter le tissage des étoffes façonnées, était, comme on le voit, une invention fort remarquable en elle-même; mais il présentait un grave inconvénient; c'est que ne pouvant dépasser certaines dimensions, il ne permettait qu'un certain nombre de coups de navette, et l'on ne pouvait par conséquent former en l'employant, que de petits dessins. C'est pour obvier à cet inconvénient, que Jacquart eut l'idée admirable de remplacer le cylindre dont les dimensions sont nécessairement limitées, par une série de bandes de carton sur lesquelles devait être tracée la représentation ou la traduction du dessin à exécuter et dont le dévelop-

pement indéfini permettait de composer des dessins de toutes dimensions. »

La fig. 1, ci-dessous, peut donner une idée de la disposition de ces cartons dans un métier à la Jacquart : le maillon sur lequel est accroché chaque fil de la chaîne, et qui peut du reste en porter trois ou cinq, suivant la grosseur des entrelacements que l'on veut faire, est attaché à un crochet A dont la tige passe à travers l'œil B d'une aiguille horizontale *c d*, convenablement maintenue.

Du mouvement de cette tige A dépend donc le soulèvement ou l'abaissement du fil qui lui correspond. Pour produire ce mouvement, le crochet *a*, qui termine la partie supérieure de cette tige, repose sur une lame transversale L que l'on voit en coupe transversale sur la figure. En soulevant cette dernière lame, on soulèvera donc la tige A, à moins que, par une circonstance quelconque, le crochet *a* ne soit retourné de côté. Dans ce cas, la lame L serait seule soulevée. Pour obtenir ce retournement du crochet *a*, il suffit que l'aiguille horizon-

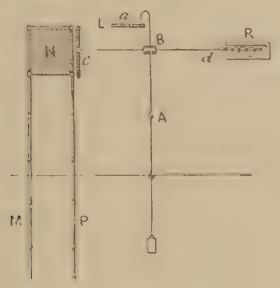


FIG. 1

tale *c d* soit un peu avancée vers *c*, car alors un guide placé dans l'œil B communique à la tige A un mouvement de rotation sur elle-même, dont l'amplitude correspond à la distance dont s'est déplacée l'aiguille *c d*.

Imaginons maintenant, circulant devant l'aiguille *c d*, un chapelet de cartons percés M N P, réunis bout à bout par des brins de ficelle et enroulés sur un treuil carré N auquel est communiqué un mouvement saccadé de rotation au moyen d'une pédale. On comprendra facilement que si un ressort à boudin R sollicite l'aiguille *c d* vers *c*, cette aiguille sera entraînée par ce ressort toutes les fois qu'un trou se présentera devant elle. Toutes les fois, au contraire, que ce sera un plein qui passera, elle ne subira aucun dérangement. Or, comme chaque mouvement de cette aiguille a pour effet l'inertie du crochet A, il arrivera que tous les coups de pédale donnés à L n'auront d'action sur le fil de la chaîne correspondant à A, qu'autant qu'un trou ne se présentera pas devant l'aiguille *c d*, c'est-à-dire que la disposition du dessin n'exigera pas la superposition du fil de trame à celui de la chaîne.

D'après cette disposition, on comprend qu'il faudra, pour chaque espèce de dessin, avoir un nombre de crochets égal au nombre de fils de la chaîne divisé par le nombre des fils des maillons, et un nombre de cartons égal à celui des coups de trame. Il y a des dessins qui exigent plus de 3,000 aiguilles, 3,000 crochets et plus de 100,000 cartons. Pour prendre moins de place, les crochets et les aiguilles sont disposés sur plusieurs rangs parallèles, les premiers verticalement et les seconds horizontalement. En les projetant sur des surfaces planes correspondantes, on obtient une série de points en quinconce dont on trouvera les figures dans les ouvrages spéciaux tels que celui de M. Alcan.

Pour obtenir à bon marché des cartons percés, d'après la mise en carte, on a construit des machines particulières qui permettent de les fournir à bon compte. Un industriel de talent, M. Acklin, a même depuis quelques années substitué le papier au carton pour cette fonction délicate du tissage mécanique. Or, ce sont ces cartons percés que M. Bonelli a voulu remplacer par un mécanisme électromagnétique dont nous allons donner la description.

Premier système de M. Bonelli. — Dans le premier système Bonelli, la partie inférieure du métier Jacquart subsiste ; seulement les crochets se terminent par une tête de fer doux reposant sur une tringle de bois correspondant à la pédale. Cette tringle, ou ces tringles, car il peut y en avoir plusieurs, se trouve, par le mouvement communiqué à cette pédale, élevée à la hauteur d'une ou de plusieurs séries d'électro-aimants droits, rangés les uns à côté des autres et en nombre égal à celui des crochets. C'est alors que se fait le triage de ceux de ces crochets qui doivent rester élevés et de ceux qui doivent se trouver abaissés. Voici comment :

Un cylindre métallique ou une toile sans fin métallique enroulée sur deux cylindres, est fixé derrière le métier, de manière à participer par l'intermédiaire d'une relation mécanique au mouvement des tringles précédentes. Cette participation à ce mouvement a pour but de faire tourner le cylindre d'une quantité constante, un millimètre environ pour chaque mouvement, et peut s'obtenir, comme on le comprend aisément, à l'aide d'une roue à rochet et d'un encliquetage. Ce cylindre, qui représente celui du métier de Vaucanson, joue le rôle d'interrupteur ou de distributeur du courant. A cet effet, il porte, appuyées contre sa surface, une série de pointes métalliques à contrepoids, qui communiquent chacune avec un des électro-aimants dont nous avons parlé. Ces pointes étant rangées sur une seule et même ligne droite, faciliteraient l'exécution de l'interrupteur ; mais comme en raison de leur nombre, elles pourraient exiger du cylindre

une trop grande longueur, on peut les disposer par étages. C'est une complication pour le dessinateur, il est vrai, mais cet inconvénient, suivant M. Bonelli, est largement compensé par les avantages qu'on obtient. Les électro-aimants du métier communiquent d'autre part avec l'un des pôles de la pile, tandis que l'autre pôle est en rapport avec un frotteur qui appuie sur le cylindre ou la toile sans fin métallique servant de commutateur.

Sur ce cylindre ou cette toile se trouve le dessin composé en langage de tissage, c'est-à-dire en parties isolantes et en parties conductrices disposées d'après l'ordre des fils et des *duites*. Il y a donc, pour chacune des lignes ou génératrices du cylindre, éloignées l'une de l'autre de un millimètre, des parties conductrices alternées de parties non conductrices qui, venant à passer sous les pointes en rapport avec les électro-aimants du métier, peuvent rendre ceux-ci actifs ou inertes, suivant que c'est une partie conductrice ou une partie isolante qui se présente. Ces électro-aimants représentent donc en force magnétique ce que représente en conductibilité chaque ligne du cylindre, et, par conséquent, maintiennent soulevés dans l'ordre voulu les crochets qui leur correspondent.

Pour obtenir ces espaces isolants du transmetteur, M. Bonelli employait le vernis copal, de sorte qu'il suffisait de les peindre avec le pinceau en façon carrelée, pour que les caprices de leurs formes soient reproduites par le tissage. Quand le dessin n'a que deux couleurs, ce travail est extrêmement facile, puisqu'il ne s'agit que de peindre au vernis les parties qui sont occupées par une couleur, et de laisser à leur brillant métallique celles qui doivent être occupées par l'autre couleur. Mais, dans les dessins plus chargés, comme les dessins de cachemires, le travail est plus compliqué, et pour le ramener à une mise en train facile, M. Bonelli a adapté à l'appareil un transmetteur particulier que nous allons décrire et qui se dispose comme une forme d'imprimerie.

Cette partie de l'appareil se compose de deux appareils indépendants l'un de l'autre, d'une *grille-composteur* et d'un *peigne à dents mobiles*. Il y a de plus un casier où sont rangés, suivant les différentes nuances des couleurs et les espaces qu'elles doivent occuper, de petits morceaux de métal de différentes longueurs (variant suivant l'ordre des couleurs), et de différentes largeurs (variant suivant l'espace qu'elles doivent occuper sur le dessin). Ces petits morceaux de métal ont une tête qui leur permet d'entrer dans les vides de la grille sans qu'ils puissent tomber, et, comme ils sont tous de même épaisseur, ils peuvent être assemblés les uns à côté des autres, bien qu'ils représentent des couleurs différentes et occupent en largeur des espaces différents. Quand on a ainsi traduit le dessin et composé les différentes lignes présentées par les vides de la grille, on fixe sur cette grille une planche qui maintient au même niveau toutes les têtes de ces parties métalliques ; de telle sorte que, du côté opposé, on se trouve avoir une surface inégale, sur laquelle il suffit d'appliquer successivement ligne par ligne les dents mobiles du peigne, pour obtenir une nouvelle traduction susceptible d'être appropriée à l'interrupteur.

A cet effet, les dents mobiles du peigne, qui ne sont autre chose que de petites lames métalliques maintenues par des coulisses entre deux pièces de bois parallèles, sont vernies sur leur surface supérieure, à l'exception d'un seul point qui est le même pour toutes. Quand toutes ces dents sont à la même hauteur, les parties conductrices forment sur toute la longueur du peigne une ligne droite ; mais si on les applique sur la grille-composteur après qu'elle a été composée, elles sont refoulées plus ou moins, et les parties conductrices se trouvent alors distribuées par échelons, suivant les couleurs, quoique appartenant à la même duite.

Comme les différentes dents de ce peigne sont chacune en rapport avec l'un des électro-aimants du métier, et qu'un frotteur en rapport avec la pile se trouve, à chaque coup donné à la pédale, appliqué transversalement sur toutes ces dents, il arrive que tous les électro-aimants qui doivent soulever les crochets en rapport avec chaque couleur sont soulevés en même temps, et que l'on peut, par conséquent, faire circuler successivement les navettes correspondant à ces différentes couleurs pour une même duite.

Pour les fils de la trame supplémentaire qui, comme nous l'avons déjà dit, sont destinés à relier tous les fils, après qu'ils ont satisfait aux exigences du dessin, et à lustrer l'étoffe, comme ils n'exigent que douze cartons avec les Jacquart ordinaires, on peut, dit M. Bonelli, laisser subsister ce mécanisme. Cependant, dans les métiers nouveaux, on pourrait le disposer comme les autres ; seulement il faudrait que les électro-aimants fussent beaucoup plus puissants. C'est cette partie du mécanisme des métiers Jacquart à laquelle on a donné le nom d'armures.

Système de M. Maumené. — Dans son système, M. Maumené, au lieu de faire réagir les électro-aimants sur les crochets des fils de la chaîne, les fait réagir sur les aiguilles qui, dans la Jacquart ordinaire, soutiennent ces crochets. Par cette disposition, la machine ordinaire est conservée presque intacte. Elle nécessite seulement l'espacement plus grand des aiguilles, l'agrandissement de leur étui et le changement de la structure des élastiques. Ainsi, les aiguilles seraient d'inégale longueur pour être à portée des différentes rangées des électro-aimants, et les élastiques, au lieu d'agir par extension et pour repousser les aiguilles, seraient dis-

posés de manière à les ramener par contraction. Les mouvements s'exécuteraient ainsi qu'il suit :

En partant du point de repos, c'est-à-dire du moment où les crochets sont descendus, le châssis des électro-aimants se trouverait en contact avec les têtes d'aiguilles ; le coup de pédale du tisseur ferait, comme à l'ordinaire, monter la griffe, mais le ressort extérieur, guide du battant dans la machine ordinaire, agirait sur le châssis des électro-aimants pour l'éloigner dès le premier moment et le porter à une distance où les crochets ne peuvent plus être saisis par la griffe. Tous les électro-aimants à travers lesquels passera le courant, entraîneront leur aiguille, malgré les élastiques, et la griffe, en montant, ne saisira que les crochets dont les aiguilles ne se trouveront pas déplacées. Le tisseur, ayant donné son coup, abandonnera la pédale, la griffe et les crochets redescendront, et le ressort permettra au châssis de revenir en son point de repos. A ce moment, le cylindre commutateur, par l'intermédiaire d'un encliquetage, tournera d'une dent, et offrira de nouvelles issues au courant pour pénétrer dans les électro-aimants. De cette manière, un nouveau coup de pédale amènera le déplacement d'autres aiguilles, etc., etc. « Les avantages de ce système, dit M. Maumené, sont faciles à saisir : moins de fatigue pour l'ouvrier, qui n'aura plus à soulever, comme dans le métier à la Jacquart, qu'une certaine quantité de plombs, moins de dépense pour l'appareil électro-magnétique, les électro-aimants devant être plus petits que ceux du métier Bonelli, puisqu'ils ont moins de force à exercer. »

Quant au cylindre commutateur, M. Maumené le dispose de la manière suivante :

Au lieu de présenter à sa surface un carrelé ou canevas gravé sur lequel on doit distribuer le vernis, d'après les exigences du dessin, comme dans le système Bonelli, ce cylindre est percé de trous correspondant aux différentes mailles du carrelé, et c'est en introduisant dans ces trous des goupilles saillantes, qu'il fixe avec de l'alliage fusible de Darcet, que M. Maumené compose son dessin de tissage. Ces goupilles jouent donc le même rôle que les espaces non vernis dans le système Bonelli. Elles ont l'avantage d'être pour le compositeur du dessin, d'une manipulation facile, d'une grande sûreté pour l'action électrique, et d'une correction aisée et prompte. Sous ces différents rapports, ce commutateur est préférable à celui de M. Bonelli ; pourtant, M. Maumené en a préféré un autre dont l'installation serait beaucoup plus difficile et plus compliquée. Il s'agirait, en effet, de remplacer le cylindre troué par une planche de cuivre également trouée, qui serait fixée au plafond, et qui serait mise en mouvement par une crémaillère commandée par un engrenage. Ce serait alors sur une roue à rochet faisant partie de cet engrenage, que réagirait le châssis aux électro-aimants à chaque mouvement qu'il opérerait. Il va sans dire que le dessin serait composé avec des goupilles sur cette planche métallique, comme il l'aurait été sur le cylindre, et que les ressorts frotteurs du commutateur se trouveraient à portée de cette planche.

Ce système a été l'objet de réclamations de la part de M. Bonelli, et, il faut l'avouer, ce dernier était dans son droit ; car le châssis aux électro-aimants, se mouvant latéralement, est indiqué dans le brevet de M. Bonelli comme une des dispositions à donner à son appareil ; les commutateurs précédents, qui n'ont, d'ailleurs rien de nouveau, avaient été également indiqués du moins quant au principe, par M. Bonelli. En définitive, il n'y a donc que l'idée de la réaction des électroaimants sur les aiguilles des crochets qui appartienne à M. Maumené. Est ce un progrès ou un perfectionnement ?... C'est d'après M. Gand plus que contestable.

Système de MM. Pascal et Mathieu. — « Dans ce système, dit M. Tisserant, la lame de cuivre qui a reçu le dessin est placée dans une situation verticale, et latéralement par rapport aux crochets qui soutiennent les fils. Elle tourne sur un cylindre, sans déplacement total. Le *dégriffement* a lieu, sous l'influence du courant électrique, par un petit mouvement de rotation des crochets sur leur axe, mouvement qui les fait échapper de la bouche du collet par laquelle ils sont retenus dans l'état de repos. Les fils dont les crochets sont restés en place se trouvent alors enlevés par les pédales. Les électro-aimants n'ont d'autre office ici que de faire exécuter, à chaque coup de pédale, aux crochets correspondant aux divisions de la plaque qui ne sont pas recouvertes par le vernis, un léger mouvement de bascule, ce qui n'exige qu'une puissance minime. On ne saurait disconvenir que ce soit là une application très ingénieuse de la force électrique dans un appareil où il s'agit de réunir la simplicité et la régularité à l'économie. »

Système de M. E. Gand. — M. Gand est un des industriels qui se sont le plus occupés de tissage, et à ce titre aussi bien qu'à celui de dessinateur sur étoffes, il lui appartenait plus qu'à personne de faire la critique du système de M. Bonelli ; c'est ce qu'il a fait dans une série d'articles que nous avons reproduits, tome III, p. 16, 23, 44 de la seconde édition de *notre Exposé des applications de l'électricité.*

Toutefois, tout en démontrant l'impossibilité pratique des métiers Bonelli, M. Gand a recherché les conditions dans lesquelles ces métiers devraient être construits pour satisfaire aux exigences de la fabrication, et il a combiné dans ce but un système

que nous allons maintenant étudier, quoiqu'il ne soit pas encore, comme l'auteur le fait remarquer lui-même, à l'abri de toute objection.

Dans la critique qu'il avait faite du système Bonelli, M. Gand avait émis cette pensée, que l'électricité ne pouvait être applicable à la fabrication des tissus qu'autant qu'on trouverait un système qui mît le fluide électrique en rapport direct avec les fils de la chaîne, *ou tout au moins avec chacune des arcades qui servent à faire lever les fils.* Pour réaliser cette pensée, il réunit dans une seule

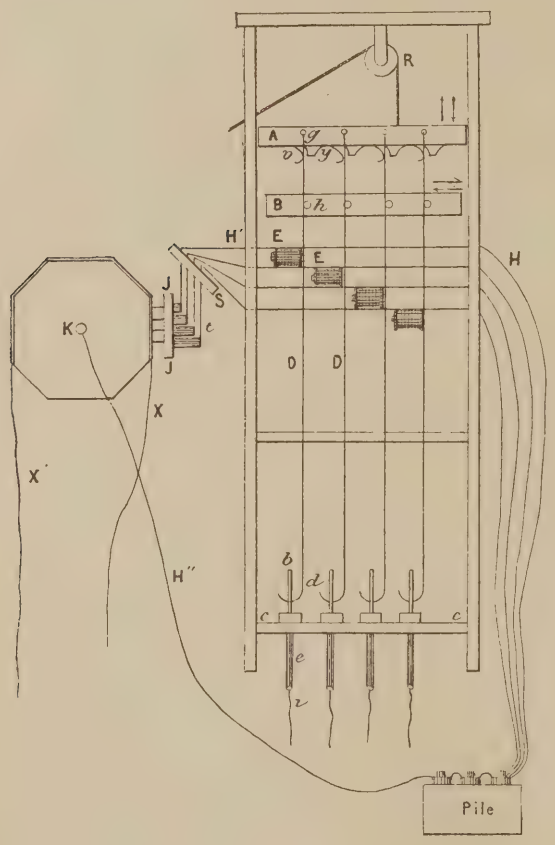


FIG. 2

machine les éléments nécessaires à l'exécution complète du tissu ; il place dans la machine même les électro-aimants, et les fait agir *directement* sur les tiges à crochet, qu'il appelle alors crochets-griffes. De cette manière, des fils conducteurs fixes sont substitués aux aiguilles mobiles de la Jacquart, qui sont, comme on le sait, sujettes à des dérangements continuels. Enfin, il emploie pour distributeur du courant le système même des cartons percés de Jacquart, auxquels il substitue, par exemple, du papier. Voici du reste la description que M. Gand donne de son système.

« Dans ce système, j'ai surtout cherché à placer le papier commutateur dans des conditions telles qu'il pût exercer une très grande résistance avec le moins de fatigue possible. L'application du papier sur une surface plane et polie résout ce problème. En effet le papier, *dont l'épaisseur n'offrirait isolément qu'une résistance insuffisante, deviendra, par suite de son application sur cette surface inflexible, capable de repousser la pointe émoussée d'une aiguille métallique très mobile d'ailleurs.*

« C'est un cylindre de métal, K, à huit pans (fig. 2), qui reçoit successivement chaque division du papier X, lequel doit être *continu* et *isolant;* toute division (fig. 3) correspond à un coup de navette. Ces divisions ont environ $18^{m}/_{m}$ de haut sur 15 cent. de large, en grandeur naturelle pour 400 trous.

« Le cylindre dépend d'un battant, semblable à celui qui met en jeu le cylindre d'un métier Jacquart ordinaire. Ce battant imprime donc au cylindre octogone un mouvement alternatif de recul et de retrait.

« Une planchette J (fig. 2), contre laquelle vient battre l'octogone, est traversée par de petits clous disposés de telle sorte qu'ils correspondent parfaitement aux positions qu'occupent tous les trous que peut contenir la bande de papier (fig. 3).

FIG. 3 ET 4

« Ces clous, dont la pointe dépasse d'un millimètre environ le côté de la planchette J qui fait face au cylindre K (fig. 2), ont, au contraire, de l'autre côté, des têtes (fig. 4) qui sont d'autant plus allongées que ces clous sont placés plus bas dans la planchette J.

« Contre ces têtes, en saillie et échelonnées, viennent s'appliquer des tiges métalliques verticales *t*, adaptées au support en forme de pupitre S, fig. 2.

« A ces tiges aboutissent les fils conducteurs H' qui passent par les éclectros E, sortent en H, et descendent vers l'un des pôles de la pile. D'autres fils conducteurs H'', vont du pôle opposé de cette pile au cylindre métallique K.

« Les tiges verticales *t* agissent comme ressort sur les têtes *x* des clous, en sorte que, quand le papier interposé entre un pan métallique et la pointe des clous vient s'appliquer contre la planchette J, celles des pointes qui font face aux *pleins* du papier, reculent d'une quantité égale à l'épaisseur de ce papier, ce qui permet, et c'est là surtout le point capital, aux pointes placées en regard des *vides* de ce même papier, de plonger jusqu'au métal et de se mettre en contact parfait avec lui.

« Les tiges D sont munies à leur extrémité supérieure d'un axe de suspension *g*, et à leur partie

inférieure d'un crochet-griffe *d* placé en regard d'une entaille *b* (fig. 5) pratiquée dans la pièce ascensionnelle *e;* ces tiges D sont soulevées à volonté par un châssis ascensionnel A (fig. 2), au moyen d'une poulie R, communiquant à la pédale de l'ouvrier par un arbre de couche et une corde, comme dans les métiers à tisser ordinaires.

« Les pièces *e* destinées à soulever les arcades *i*, reposent sur la planche horizontale *cc;* une barre-guide F maintient les 4 crochets *d* d'une rangée parfaitement en regard des entailles *b*.

« Lorsque la machine est au repos, ainsi que l'indique la figure 2, c'est-à-dire, lorsque les tiges D sont au bas de leur course, les chevilles *h*, dépendant d'un châssis propulseur B qu'un mécanisme spécial fait mouvoir alternativement de droite à gauche, poussent ces tiges D contre les électros E, et les forcent à prendre la position verticale qu'elles ont sur la figure. Alors l'extrémité intérieure *d* ou le crochet-griffe de chaque tige, pénètre dans l'entaille *b* qui lui fait face.

« Dans cette position, le cylindre K et le papier X sont maintenus contre les pointes des clous. Conséquemment, les *trous* du papier permettent, comme nous l'avons dit plus haut, aux pointes des clous de se mettre en contact avec le métal d'un des pans de l'octogone.

« Le circuit s'établit, et les électros dont les fils conducteurs aboutissent à ces pointes, agissent comme *aimants* sur leurs tiges respectives D.

« Il y a, au contraire, rupture du circuit partout où les *pleins* isolants du papier viennent s'interposer entre le métal du cylindre et les pointes des clous. Alors les électros dont les fils conducteurs aboutissent à ces pointes, n'ont aucun pouvoir attractif sur les tiges D, et par conséquent sur les crochets-griffes *d* qui leur correspondent.

FIG. 5 ET 6

« Si, maintenant, l'ouvrier fait lever le châssis A au moyen de la poulie R, ce châssis enlève avec lui *tous* les crochets-griffes *indistinctement*. Le châssis propulseur B est aussitôt repoussé vers la *droite* par un mécanisme opposé à celui qui primitivement le poussait vers la gauche. Les chevilles *h* entraînées vers la droite (fig. 6), cessent d'agir sur les tiges D et les abandonnent toutes à elles-mêmes.

« Mais parmi celles-ci, les unes, adhérant aux électros *aimantés*, restent dans leur position verticale et glissent contre ces électros, dans le mouvement ascensionnel, jusqu'à ce que leurs crochets *utiles d* (1), commencent à soulever les pièces *e*. Les autres, abandonnées à elles-mêmes par les électros *non aimantés*, sont poussés par les ressorts *v* contre les butoirs *y* fixés au châssis ascensionnel A. Leurs crochets *utiles*, *d*, s'écartent alors des entailles carrées *b* (fig. 5) assez à temps et à une distance suffisante pour ne pas s'y engager.

« Par une disposition spéciale, le battant n'écarte l'octogone de la planchette J que lorsque cette division en crochets *utiles* et en crochets *inutiles* (2) a eu le temps de s'effectuer, c'est-à-dire, lorsque les uns ont déjà commencé à soulever les pièces *e* tandis que les autres sont passées à côté sans pouvoir les prendre.

« C'est alors que le battant entraîne le cylindre K et l'écarte des pointes des clous. En cet instant, l'action magnétique est détruite *partout*. Les tiges des crochets utiles engagées dans les entailles *d* peuvent évidemment cesser de glisser contre les électros, ce glissement n'ayant plus en effet raison d'être, *puisque la prise des pièces* e, *qui doivent lever les arcades* i *et les fils de chaîne qui correspondent aux maillons suspendus à ces arcades, est accomplie.*

« Le problème est donc résolu.

« Les avantages économiques et pratiques de ce système peuvent se résumer ainsi :

« 1° Le papier coûte dix fois moins que les cartons ordinaires...

« 2° Au moyen du papier on pourra *au moins*, exécuter tous les articles possibles, qu'ils soient composés de chaînes multiples ou de plusieurs navettes juxtalancées.

« 3° Le translatage de la mise en carte est inutile. »

Système de M. Regis. — Ce système, imaginé en 1859 par un compatriote de M. Bonelli, n'est qu'une modification de celui de M. Gand que nous venons de décrire. Dans cette nouvelle disposition, en effet, les électro-aimants agissent latéralement sur les crochets, par l'intermédiaire de tiges armatures horizontales qui se meuvent devant des traverses également horizontales commandant le déplacement des crochets, et ces tiges-armatures, suivant que le courant anime tels ou tels des électro-aimants qui agissent sur elles, écartent de la verticale les crochets auxquels elles correspondent.

La figure 7, ci-dessous, représente ce dispositif : Les électro-aimants sont en C, et leurs tiges armatures en *b*. Celles-ci sont portées par un châssis *ff*

(1) Dans la figure 2, toute la partie de droite est tiers de proportion avec le corps de la machine placé à gauche. Le dessinateur a dû procéder ainsi pour faire mieux ressortir le détail de la planche J.

(2) L'auteur appelle *utiles* les crochets qui doivent prendre ou faire lever les fils de la chaîne, et *inutiles* ceux qui doivent les laisser.

qui, en prenant un mouvement de va-et-vient à chaque coup de trame, les rapproche tantôt des électro-aimants C, tantôt des aiguilles de la Jacquart *e*, sur lesquelles elles réagissent par l'intermédiaire d'une tête *g*. Ces tiges-armatures glissent bien librement dans les trous qui les soutiennent; mais entre leur tête et le châssis *f*, elles traversent des ouvertures assez grandes *o* pratiquées dans une plaque mobile avec le châssis, et qui joue le rôle de cartons Jacquart.

En effet, cette plaque est susceptible, à chaque mouvement du châssis *ff* de gauche à droite, d'être légèrement déplacée de haut en bas et d'obstruer par conséquent le passage de la tête *g* des tiges à travers les ouvertures *o*, et il arrive alors que si les têtes *g* sont en dehors de la plaque mobile, elles se trouvent appuyées contre les bords de cette plaque et en état, par conséquent, de repousser les tiges *e* de la Jacquart. Si, au contraire, ces têtes *g* sont de l'autre côté de la plaque mobile,

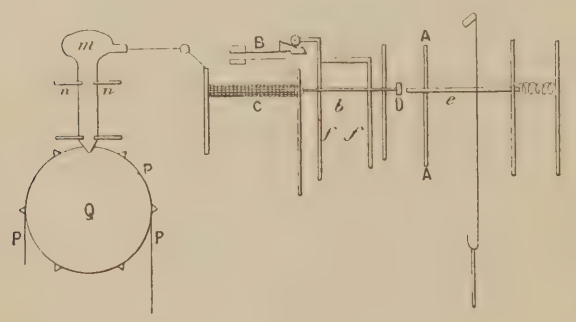


FIG. 7

parce que les électro-aimants C étant devenus actifs au moment du mouvement de droite à gauche du châssis *ff* auront maintenu les tiges *b* appuyées contre leurs pôles, le mouvement de haut en bas de la plaque mobile n'aura d'autre effet que d'obstruer les orifices *o*, sans provoquer aucune réaction sur les tiges *e*. De cette manière, il suffira donc, pour soulever telle ou telle aiguille de la Jacquart, de faire passer à propos le courant à travers l'un ou l'autre des électro-aimants C, et ce résultat est obtenu, d'une part à l'aide de l'interrupteur général du Circuit B, qui est mis en action par une pièce à galet adaptée au châssis mobile *ff*, et d'autre part au moyen du commutateur Bonelli qui est en Q *m*.

Ce commutateur se compose d'une série de lames métalliques *m* mises en rapport électrique avec les différents électro-aimants, et qui, se terminant en pointe à leur partie inférieure, peuvent appuyer, à un moment donné, sur le papier préparé où se trouve le dessin. Ces lames sont rangées parallèlement les unes à côté des autres, et sont séparées par les dents *n*, *n* d'un peigne isolant. Le papier dessiné est enroulé sur un cylindre Q, placé au-dessus des lames dont il vient d'être question, et se trouve disposé d'une manière différente suivant le nombre des couleurs de l'étoffe.

Si le dessin n'a que deux couleurs, on peut métalliser le tracé du dessin en maintenant isolante la surface du papier, ou bien on peut faire l'inverse, c'est-à-dire couvrir le tracé du dessin d'une couche isolante et métalliser la feuille de papier. Mais si le dessin a plusieurs couleurs, M. Regis recommande l'emploi du premier système, et alors les effets sont obtenus par la superposition successive des dessins métallisés appartenant à chaque couleur. Dans ce cas, chaque dessin est séparé de son voisin par une couche isolante, et communique à une bande métallique disposée sur le bord de la feuille dans toute sa longueur. Chaque dessin, sur la feuille, a donc une bande métallisée qui la représente, et la communication de la pile avec ces bandes se fait successivement, ce qui permet de passer tour à tour les navettes de chaque couleur. Le métallisage des dessins s'obtient facilement, d'après M. Regis, par des moyens galvanoplastiques.

C'est l'interrupteur B, mis en mouvement par le châssis *ff*, qui établit et interrompt en temps convenable le courant, c'est-à-dire au moment de chaque duite.

Par une disposition particulière donnée à la machine, on peut changer instantanément le sens, la vitesse et la course du cylindre Q, ce qui permet de tisser un dessin quelconque avec toutes les réductions que l'on veut.

Dernier système de M. Bonelli. — Nous avons vu que le commutateur employé par M. Bonelli consistait dans un cylindre ou une surface métallique sur lequel appuyaient des pointes fixes en rapport avec les électro-aimants, et dont les parties isolantes étaient obtenues au moyen de vernis copal. L'expérience ne tarda pas à lui démontrer que ce système était complètement mauvais. En effet, les pointes en frottant sur le vernis s'imprégnaient de matière isolante, et ne transmettaient plus le courant quand elles étaient sur une partie métallique, ou bien elles écorchaient cette légère couche de vernis et produisaient des fermetures anormales de courant. Pour remédier à cet inconvénient, M. Bonelli a cherché à combiner son commutateur d'une manière tout à fait inverse à ce qu'il était. Ainsi, au lieu de rendre isolante une surface conductrice, il s'est imaginé de métalliser une surface isolante, et de ne faire réagir les pointes sur le commutateur qu'au moment même de chaque battement du métier. Voici comment ce problème a été résolu.

Le dessinateur trace sur une simple feuille de papier et à l'aide d'un vernis gras, le dessin qui doit être reproduit sur l'étoffe. Il recouvre ensuite ce dessin d'une mince feuille d'étain qui est laissée

en contact avec lui pendant une demi-heure environ, de manière à la faire adhérer avec le dessin, c'est-à-dire avec les parties recouvertes de vernis. On frotte alors le papier avec un tampon de coton. Sur le papier ainsi frotté, l'étain reste adhérent au vernis, et disparaît au contraire des parties qui n'en ont point reçu. On obtient donc sur le papier la reproduction du dessin en une légère couche métallique, et par conséquent conductrice de l'électricité; au contraire le fond demeure simplement formé de papier, c'est-à-dire d'une substance isolante.

« Ce n'est pas, dit M. Figuier, la seule différence qui existe entre les deux appareils de M. Bonelli. Dans son premier métier, ce savant employait les électro-aimants à développer une force mécanique. Ces électro-aimants soulevaient directement les fils de la chaîne, ce qui exigeait une force électrique considérable. Dans le modèle actuel, M. Bonelli revenant au métier Jacquart, a très heureusement perfectionné ce mécanisme. Les aiguilles qui doivent soulever les fils de la chaîne ne sont plus attirées isolément par les électro-aimants, comme dans le métier Jacquart, elles sont poussées toutes à la fois par une action mécanique indépendante du reste du système, c'est-à-dire par une pédale manœuvrée par l'ouvrier. Dans ce mouvement, toutes les aiguilles butent contre un arrêt. Ce sont ces arrêts, petits leviers d'une grande mobilité, qui constituent l'armature des électro-aimants. Quand le fluide électrique les attire vers l'électro-aimant, ils éprouvent un léger déplacement, et dès lors, par suite de ce changement de position, l'aiguille du crochet auquel ils correspondent tire le fil de la chaîne suivant l'exigence du dessin. »

Application du système Bonelli à la fabrication des cartons percés des Jacquart. — Si les avantages de l'application de l'électricité au tissage sont plus que contestables, il n'en serait peut-être pas de même de cette application à la fabrication des cartons employés dans les métiers Jacquart ordinaires, laquelle permettrait d'opérer les perforations de ces cartons sans lecture préalable. Un industriel, dont le nom m'échappe, avait imaginé il y a une vingtaine d'années, un appareil de ce genre très ingénieux, qu'il a fait fonctionner devant moi, et qui réalisait sur les procédés généralement employés une économie considérable. Ainsi d'après lui, des cartons de 400 qui coûtent de 22 fr. à 25 francs le mille, plus la lecture qui est de 7 fr., ne reviendraient qu'à 3 fr. 50, par suite de la suppression de la lecture et de l'emploi de bandes de papier qui sont alors substituées aux cartons.

Il est facile de comprendre comment un pareil système peut être établi, car on n'a qu'à supposer le système Bonelli adapté à des poinçons ou à des emporte-pièces au lieu d'être adapté à des crochets, et on pourra concevoir que, pour chaque mouvement de l'appareil correspondant à une duite, il sera possible de faire arriver successivement sous le peigne du commutateur une partie différente du dessin, d'où pourra résulter la mise en action de tels ou tels des électro-aimants qui lui correspondront; ces électro-aimants, en abaissant les poinçons auxquels ils sont reliés, pourront ensuite mettre ceux-ci en position d'être enfoncés simultanément à travers la bande de papier au moment où on fera manœuvrer le mécanisme perforateur. Le dispositif de l'appareil était très ingénieux, et je regrette que l'oubli du nom de son inventeur ne m'ait pas permis d'en donner une description plus détaillée et des dessins.

TH. DU MONCEL.

DE LA

RÉPARTITION DE LA LUMIÈRE

DANS UNE INSTALLATION

D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

Les progrès incessamment accomplis, tant dans la construction des machines dynamo-électriques, que dans celle des appareils de lumière permettent d'employer de plus en plus l'électricité pour l'éclairage des grands établissements, ateliers ou lieux publics. Le mouvement général allant toujours grandissant ne s'arrêtera plus; à mesure que les prix de revient vont en diminuant, les lampes à arc, comme celles à incandescence trouveront de plus en plus accès dans l'industrie; le nombre des théâtres, des rues, des jardins éclairés au gaz ira toujours en diminuant, à condition toutefois que les perfectionnements dans tous les détails des installations nouvelles marchent côte à côte avec ceux qu'on apporte dans les appareils mêmes. Après toutes les expériences sérieuses, dont les expositions de Paris, de Munich et de Vienne ont eté le prétexte, après tous les chiffres, tous les résultats publiés, il n'est plus permis dans un projet d'éclairage électrique de laisser quelque chose d'imprévu. Les ingénieurs sont à même de déterminer sur le papier tous les éléments qui entrent en jeu, le nombre des foyers, leur répartition, tout doit être calculé d'avance de manière à ce qu'à la mise en marche, aucune déception ne soit à craindre, et que l'effet général prévu soit entièrement atteint. Malheureusement, dans ces derniers temps, il s'est rencontré quelques dispositions fâcheuses, et qui doivent être signalées pour qu'on n'ait plus à les retrouver dans les applications futures de lumière électrique.

Un des cas les plus frappants est celui des magasins du Printemps, où la répartition des bougies

Jablochkoff dans la partie attenante à la porte de la rue du Havre est quelque peu défectueuse. Une malencontreuse raison de symétrie, car nous n'en voyons pas d'autres, fit placer côte à côte deux foyers pour encadrer l'horloge, et comme l'effet général fut immédiatement gâté par la présence de ce point surabondamment éclairé, on est obligé d'éteindre la plupart du temps l'une de ces bougies pour ne pas faire paraître insuffisante l'intensité lumineuse des autres. Cela ne devrait pas être; une lampe dont on ne se sert pas, et qui n'est à sa place que pour servir de pendant, peut se comparer à une fenêtre feinte sur la façade d'une maison : ces procédés à tous égards doivent toujours être rejetés. Aujourd'hui la repartition de la lumière ne peut pas être laissée au hasard; elle joue un très grand rôle dans le succès d'une application d'éclairage, et négligée elle fera toujours juger défectueuse une installation, quelque remarquable qu'elle puisse être, envisagée à d'autres points de vue. Nous manquons, il est vrai, de points de repère pour comparer entre elles les intensités lumineuses reçues.

Tous les essais photométriques portent sur les pouvoirs éclairants des foyers, et personne ne pourrait fixer en fractions de carcel, quelle est la quantité de lumière que doit recevoir un mètre carré de surface pour que l'on considère cette surface comme suffisamment éclairée. Il est nécessaire que des conventions soient établies, de manière à ce qu'on puisse exactement déterminer, suivant les cas, les limites au-dessous desquelles l'éclairement est insuffisant.

Cette détermination peut d'ailleurs se faire facilement.

Une série d'expériences dans lesquelles on chercherait la distance maxima à laquelle peut se faire un travail donné, suffirait au besoin ; et un calcul en fonction du pouvoir éclairant de la lampe employée déterminerait aussitôt une limite d'éclairage en fraction même de carcels. Ces essais devraient être entrepris, s'ils ne le sont déjà, et pour en montrer toute l'importance, il nous a paru intéressant de reprendre les études antérieures sur ce sujet, et d'en tirer les conséquences utiles dans la pratique.

La première tentative sérieuse remonte au commencement de l'année 1875. A cette époque, la Compagnie du chemin de fer du Nord, avait installé dans ses ateliers de la Chapelle un régulateur Serrin, alimenté par une machine Gramme, type A, et M. Bernard, inspecteur de l'exploitation, ayant suivi de près les expériences, eut l'idée de rechercher par des considérations théoriques l'éclairement produit par une lampe électrique à feu nu dans une direction donnée. Il établit ses raisonnements sur le cas particulier qui lui était soumis, et voici la marche qu'il suivit.

Considérons, dit-il, une lampe électrique actionnée par un courant continu et ayant, comme le montre la figure 1, le charbon positif à la partie supérieure.

Lorsque le courant passe, les extrémités des charbons portées à l'incandescence produisent la lumière, le charbon négatif s'effile, et le charbon positif se creuse ; la source lumineuse se compose donc d'une surface concave BDC et du sommet S du cône formé par le charbon négatif. Si nous considérons les points situés à une même distance de cette source, l'intensité de la lumière reçue par chacun d'eux dépendra seulement de la quantité de lumière envoyée par le sommet S et par la surface BDC.

Les dimensions du sommet S sont toujours

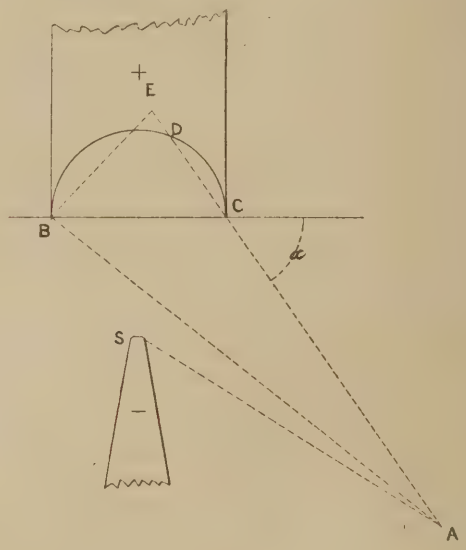


FIG. 1

très petites, et nous pouvons considérer la quantité de lumière envoyée par le charbon négatif comme constante.

Pour le charbon positif, la quantité de lumière qu'il émet est proportionnelle à la surface du segment BD, déterminé par l'intersection de la surface concave BDC avec un cône, dont le sommet est le point considéré et la base la section droite BC du charbon positif.

Si la distance AB est suffisamment grande, par rapport aux dimensions de la surface concave éclairante (et c'est le cas qui se présente toujours dans la pratique), on peut remplacer la surface BD par sa projection BE sur un plan perpendiculaire à la direction des rayons lumineux. Or, on a très sensiblement

$$\text{surf. BF} = \text{surf. BC} \cos \text{CBE} = \sin f. \text{BC} \sin \alpha.,$$

α étant l'inclinaison du rayon considéré sur l'hori-

zontale. Posons surf. BC=S, soit i l'intensité du rayon horizontal envoyé par le sommet S, et soit I l'intensité de la lumière reçue au point A : il vient

$$I = S \sin \alpha + i,$$

ou

$$I = i\left(\frac{S}{i} \sin \alpha + 1\right).$$

On peut déterminer la constante S en remplaçant dans la formule ci-dessus I par la valeur de l'intensité obtenue expérimentalement pour une valeur de α.

Si l'on fait

$$\alpha = 45^\circ, \text{ on a } \frac{\sqrt{2}}{2},$$

et les mesures photométriques ayant donné

$$I = i \times 4{,}71,$$

S sera déterminé par l'équation

$$4{,}71 \times i = i\left(\frac{S}{i}\frac{\sqrt{2}}{2} + 1\right);$$

d'où

$$\frac{S}{i} = \frac{3{,}71 \times 2}{\sqrt{2}} = 5{,}23.$$

On peut alors mettre la formule ci-dessus sous la forme

$$I = i\,(5{,}23 \sin \alpha + 1).$$

Arrivé là, M. Bernard construisit par des moyens géométriques une courbe ayant pour rayons vecteurs des valeurs proportionnelles à celles de I, tirées de la formule pour des inclinaisons variables de 0 à 90°, et il eut la satisfaction de voir ses chiffres vérifiés par les mesures photométriques qui suivirent, et que MM. Lartigue et Rouderon dirigèrent.

En outre, en s'appuyant sur ces résultats, M. Bernard entreprit de déterminer la quantité de lumière reçue en chaque point d'un plan horizontal XY éclairé par une lampe. L'éclairement en un point quelconque dépendant en effet : 1° de la distance l de ce point au foyer et de l'angle d'incidence α suivant des lois connues; 2° de l'intensité propre du rayon considéré exprimé par la formule précédente, il obtint l'éclairement e en un point quelconque par la formule

$$e = \frac{i\,(5{,}33 \sin \alpha + 1) \sin \alpha}{l^2}.$$

Il construisit avec cette formule plusieurs courbes dont la forme générale est représentée fig. 2, et dont les abscisses sont proportionnelles aux distances et les ordonnées proportionnelles aux éclairements e correspondants. Il fit plusieurs tracés pour des hauteurs de lampe variant entre 4 et 8 mètres, et voici les conclusions qu'il en tira :

1° La lumière augmente très rapidement à mesure que l'on se rapproche de l'axe de la lampe, et l'éclairement des points voisins de cet axe étant toujours plus que suffisants, ce que l'on a intérêt à augmenter, c'est celui des points situés à une certaine distance, variable avec l'étendue de la surface à éclairer.

2° Pour une hauteur donnée, l'éclairement des points situés à plus de 6 mètres de l'axe de la lampe varie assez lentement avec l'éloignement, tandis que celui des points moins éloignés augmente très rapidement à mesure qu'on se rapproche de l'axe.

3° Quand la hauteur de la lampe augmente, l'éclairement des points voisins du pied diminue

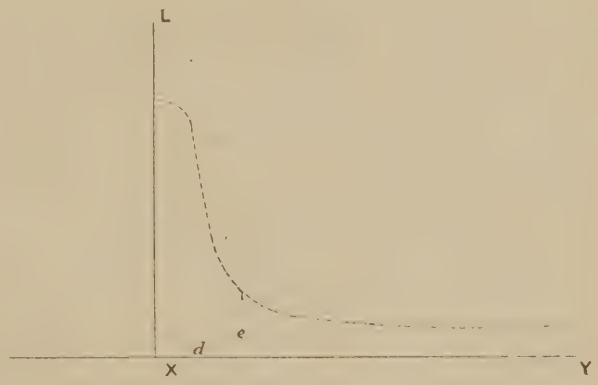


FIG. 2

très vite, tandis que celui des points éloignés augmente.

Ces résultats sont intéressants; l'inspection des courbes suffit pour les faire constater; mais il est cependant quelques remarques à ajouter. D'abord une légère critique peut être faite en ce qui concerne l'équation $I = i\,(5{,}23 \sin \alpha + 1)$. La valeur i est, suivant M. Bernard, *l'intensité du rayon horizontal envoyé par le sommet* S, c'est-à-dire qu'il représente un pouvoir éclairant et non une quantité de lumière reçue comme l'indique l'équation. En outre, la manière de procéder pour déterminer la loi de la répartition, manque de généralité, puisqu'elle s'applique seulement au régulateur Serrin, et quele chiffre 5,23, s'il est constant pour ce foyer, doit être différent pour tous les autres. Enfin, la première des conclusions, celle qui accorde le plus de lumière aux points voisins du pied de l'axe de la lampe, n'est exacte qu'en théorie, c'est-à-dire que les courbes tracées par M. Bernard peuvent se trouver modifiées dans la pratique (nous verrons plus tard pour quelle raison), et qu'en réalité toute cette étude, bien que faite sur

une installation existante, relève surtout de la théorie, et qu'en raisonnant dans l'hypothèse d'un point lumineux, les mêmes conséquences auraient pu se déduire. — Ainsi, quelques années plus tard, M. Ernest Marché reprit cette étude, ne raisonnant cette fois que sur le cas général de la lumière émanant d'un point idéal, et, en 1882, il présenta à une réunion de la Société technique du gaz un travail intéressant, qui parut en mars 1882 dans la *Revue industrielle*.

Pour se rendre compte, dit-il, des conditions d'un éclairage donné, il faut déterminer en chacun des points des surfaces à éclairer, la quantité de lumière reçue, comparer entre elles les valeurs trouvées, étudier les lois de la variation de ces valeurs suivant la position relative des foyers et des points considérés. Cela étant, la quantité de lumière reçue par l'unité de surface en un point étant proportionnelle : 1° à l'intensité de foyer qui l'éclaire; 2° au sinus de l'angle du rayon lumineux avec le plan du point considéré et inversement proportionnel au carré de la distance du point au foyer; si M est ce point, A la lampe, I le pouvoir éclairant de celle-ci, la quantité de lumière e reçue en M par unité de surface pourra être exprimée par la valeur

$$e = \frac{I \sin \alpha}{\overline{AM}^2}.$$

Si h est la hauteur O A du foyer par rapport à l'horizontale, si d est la distance O M du point considéré au pied du candélabre qui porte le foyer, on aura

$$\overline{AM}^2 = h^2 + d^2.$$

et

$$\sin = \frac{h}{AM} = \frac{I\,h}{\sqrt{h^2 + d^2}},$$

d'où enfin, en remplaçant sin α par sa valeur,

$$e = \frac{I\,h}{(h^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Par suite, si pour une valeur donnée de I et de h, on fait varier d, on pourra, en portant en ordonnées la valeur correspondante de e, représenter la loi de variation des intensités reçues par une courbe affectant la même forme que celle qu'indique la figure 2. Comme dans le cas précédent, les conclusions sont les mêmes : la plus grande valeur correspond au pied de la lampe en $d = 0$ et $e = \frac{I}{h^2}$ et les ordonnées diminuent très rapidement à mesure qu'on s'éloigne du point o. — Pour fixer les idées d'une manière plus nette, M. Marché mit des chiffres dans sa formule, et donnant à h les valeurs 2, 3, 5, 10, il dressa un tableau des valeurs de e pour I, variant de 1 à 5 carcels et d de 0 à 20 mètres. — Les valeurs ainsi déterminées le conduisirent à la remarque que nous avons signalée en commençant, à savoir que l'unité d'intensité lumineuse reçue manque absolument pour juger l'éclairement d'une surface et que par suite la nécessité de termes conventionnels se fait sentir : mais toutefois, sans se laisser arrêter par cette considération, M. Marché se fixa la valeur de 0 carcel 01 comme limite inférieure au-dessous de laquelle l'éclairage est jugé insuffisant, et, ce point établi, voici les résultats que ses tableaux lui permirent de constater :

Un foyer de 5 carcels placé à 3 mètres de hauteur éclairera suffisamment jusqu'à 11 mètres du pied du candélabre. Cette distance n'est plus que de 8 mètres avec le foyer de 2 carcels et de 5m,80 avec le foyer d'un carcel; mais elle atteint 18 mètres avec un foyer de 10 carcels placé à 10m de hauteur et 26m avec un foyer de 20 carcels à la même hauteur de 10 mètres. En admettant, d'autre

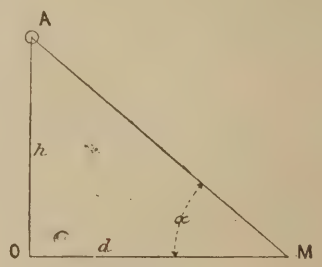


FIG. 3

part, qu'une intensité de 0,10 carcel par mètre courant est suffisante, la distance à partir du pied du candélabre des points pour lesquels l'intensité atteint cette valeur de 0,10 varie avec les valeurs de I et de h, comme l'indique le tableau suivant :

I carcels	d $h = 2^m$	d $h = 3$	d $h = 5$	d $h = 10$
c.	m.	m.	m.	m.
1	1,20	0,75	»	»
2	2,75	2,50	»	»
5	4,50	4,40	4,10	»
10	»	»	6	»
20	»	»	»	7

Et plus généralement en appelant i l'intensité au-dessus de laquelle on serait trop éclairé et qu'on pose :

$$i = \frac{I\,h}{(h^2 + d'^2)^{\frac{3}{2}}},$$

d'où

$$d'^2 = \frac{\sqrt[3]{i^2}}{I\,h} - h^2,$$

et si i_1 est l'intensité au dessous de laquelle le sol ne serait pas suffisamment éclairé, on aurait :

$$d''^2 = \frac{\sqrt{i^2}}{I h} - h^2$$

et il en résulte que la seule partie utilement éclairée est comprise entre les deux points qui correspondent aux distances d' et d''; sa longueur étant $d'' - d'$.

Tout ce qui vient d'être dit, ne concerne qu'un seul foyer lumineux, mais, comme en général, les divers points d'une surface reçoivent leur lumière de plusieurs sources, la valeur de e en un point est la somme des intensités reçues de foyers placés à distances variables $d\ d'\ d''$, etc., c'est-à-dire que l'on a

$$e = \frac{I h}{(h^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{I' h'}{(h'^2 + d'^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{I'' h''}{(h''^2 + d''^2)^{\frac{3}{2}}} + \text{etc...}$$

Telle est la formule générale de M. Marché. Elle

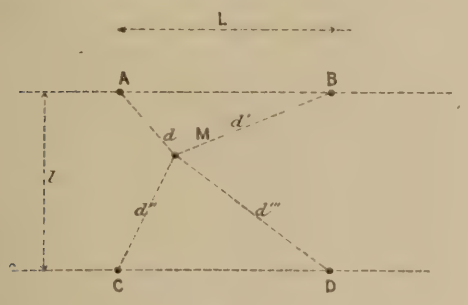


FIG. 4

est assez compliquée, mais dans bien des cas elle se simplifie, comme le montre l'exemple qui suit et qui est extrait du même travail. Considérons le cas d'une rue, éclairée par deux rangées de candélabres expacés de l dans le sens perpendiculaire et de L dans le sens de la longueur, et soient A, B, C, D, quatre de ces candélabres de hauteur h et portant des foyers d'intensité I. Dans ce cas, $h = h' = h''' = '''$, $I = I' = I'' = I'''$. Un point quelconque M dans le rectangle ABCD reçoit la lumière des quatre foyers, en admettant que celle des autres est négligeable, et par unité de surface on a

$$e = \frac{I h}{(h^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{I h}{(h^2 + d'^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{I h}{(h^2 + d''^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{I h}{(h^2 + d'''^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

aux pieds des candélabres l'éclairage est maximum.

$$d = o, \quad d' = l, \quad d'' = L, \quad d''' = \sqrt{l^2 + L^2},$$

d'où

$$e = \frac{I}{h^2} + \frac{I h}{(h^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{I h}{(h^2 + L^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{I h}{(h^2 + l^2 + L^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

et au centre du rectangle ABCD, point où l'éclairage est maximum et où

$$d = d' = d'' = d''' = \sqrt{\frac{L^2}{4} + \frac{l^2}{4}}.$$

on a

$$e = \frac{4 I h}{\left(h^2 + \frac{L^2}{4} + \frac{l^2}{4}\right)^{\frac{3}{2}}}.$$

C'est la valeur intéressante; et si dans tous les points de la surface on porte en ordonnées les valeurs correspondantes de e, les sommets de ces ordonnées formeront une surface gauche; et si l'on mène deux plans parallèles au sol l'un à la distance n représentant la quantité lumineuse minima utilisable, et l'autre à l'ordonnée m correspondant à

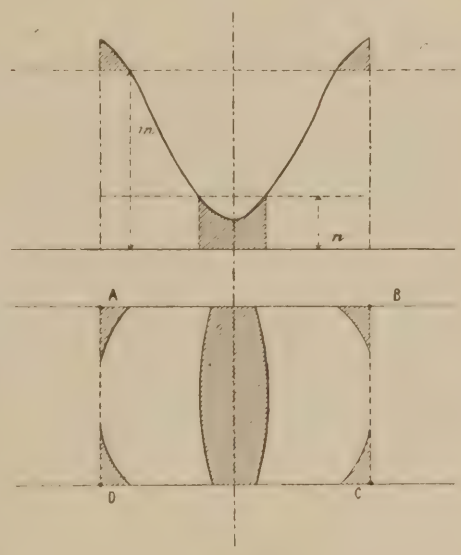


FIG. 5

l'intensité au-dessus de laquelle l'éclairage est jugé surabondant, l'intersection de la surface gauche et des deux plans projetée sur le sol y trace les limites entre lesquelles le sol est utilement et suffisamment éclairé. C'est ce que représente la fig. 5 dans laquelle la partie centrale hachée représente la zone insuffisamment éclairée, et les parties hachées aux pieds des candélabres les zones trop éclairées.

Cette étude, on le voit, est très complète, et permet celle de toutes les circonstances qui peuvent se présenter dans une installation pratique d'éclairage. Néanmoins, il est quelque remarque à faire. D'abord en ce qui concerne les parties surabondamment éclairées; il n'est pas à en tenir compte dans le cas d'un éclairage électrique. Ces zones sont inévitables, et ne présentent aucun inconvénient; ce à quoi il se faut attacher, c'est non seulement à éviter les zones insuffisamment éclai-

rées, mais encore à distribuer les foyers de manière à ce qu'une égale répartition de la lumière rende imperceptible à l'œil, les inégalités d'éclairement des différents points.

Dans le cas, par exemple, d'un éclairage de rue, le point o centre du rectangle ABCD est seul à considérer. L'intensité minima e reçue étant fixée, il n'y a qu'à chercher sur le diagramme correspondant au foyer employé, à quelle distance de l'origine correspond l'ordonnée égale à $\frac{e}{4}$ et prendre cette valeur comme point de départ dans la répartition des candélabres.

En outre, il est une autre considération qui a son importance, qu'il s'agisse d'éclairer une rue ou une salle; c'est de savoir quelle est la hauteur d'un foyer de pouvoir éclairant I qui correspond à la à la meilleure utilisation. Ce point est facile à dé-

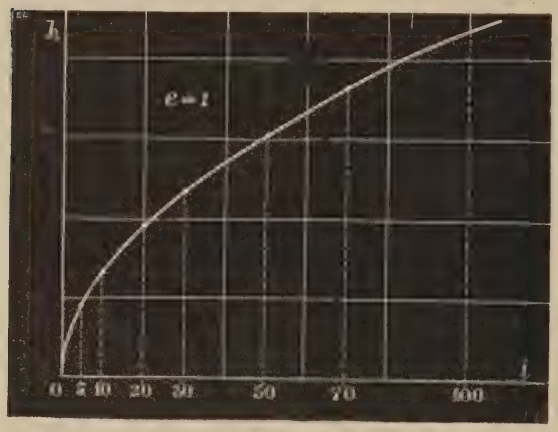


FIG 6

terminer, en partant de la formule précédente sous une autre forme.

En introduisant dans la formule

$$e = \frac{I \sin \alpha}{\overline{AL}^2}$$

les valeurs $\overline{AL}^2 = h^2 + d^2$ et $h = d \operatorname{tg} \alpha$, on a

$$e = \frac{I \sin \alpha}{d^2 (1 + \overline{\operatorname{tg}}^2 \alpha)}$$

ou

$$d^2 = \frac{I \sin \alpha}{e (1 + \overline{\operatorname{tg}}^2 \alpha)}.$$

Les valeurs de e et de I étant fixées, et il est facile de chercher quelle est la hauteur du foyer qui est la meilleure; c'est-à-dire celle qui donne une intensité e à la distance maxima, et qu'on peut obtenir en égalant à zéro le dérivée de l'expression

$$y = \frac{I \sin \alpha}{e (1 + \overline{\operatorname{tg}}^2 \alpha)}.$$

on a

$$y' = \frac{I \cos \alpha\, e (1 + \overline{\operatorname{tg}}^2 \alpha) - I \sin \alpha \times 2 e \operatorname{tg} \alpha (1 + \overline{\operatorname{tg}}^2 \alpha)}{(e\, 1 + \overline{\operatorname{tg}}^2 \alpha)^2}$$

qui est résolue pour

$$I e \cos \alpha (1 + \overline{\operatorname{tg}}^2 \alpha) - I \sin \alpha \times 2 e \operatorname{tg} \alpha (1 + \overline{\operatorname{tg}}^2 \alpha) = 0$$

$$1 + \overline{\operatorname{tg}}^2 \alpha = 2 \operatorname{tg}^2 \alpha (1 + \overline{\operatorname{tg}}^2 \alpha)$$

$$2 \operatorname{tg}^4 \alpha + \operatorname{tg}^2 \alpha - 1 = 0$$

$$\overline{\operatorname{tg}}^2 \alpha = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + 8}}{4}$$

La solution négative étant à rejeter, c'est la valeur

$$\overline{\operatorname{tg}}^2 \alpha = \frac{1}{2}$$

qu'il faut accepter et qui, substituée dans la formule, donne

$$d^2 = \frac{I'}{e} \frac{\frac{1}{\sqrt{2}}}{\left(1 + \frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$d^2 = \frac{I'}{e} \frac{2}{3\sqrt{3}}$$

et comme

$$h^2 = d^2 \overline{\operatorname{tg}}^2 \alpha$$

$$h = \sqrt[2]{\frac{I}{e} \frac{1}{3\sqrt{3}}}$$

sera la hauteur convenable à laquelle les foyers devront être placés.

Cette relation est assez simple et l'on peut en tirer quelques déductions. Pour les rendre plus nettes, il est nécessaire d'introduire des chiffres dans la formule et le tableau ci-contre, ainsi que la courbe (fig. 6) qui l'accompagne montre les variations de h pour différentes valeurs de I en carcel, et pour une limite minima de lumière reçue $e = 1$ carcel.

I	e	h
5	1	0,979
10	»	1,385
20	»	1,959
30	»	2,40
50	»	3,098
70	»	3 666
100	»	4,381

Dans la pratique, toutes les valeurs de h n'étant

pas acceptables, vu qu'on ne peut descendre au-dessous d'une certaine limite, on voit que l'utilisation complète de la lumière pour la valeur de $e = 1$ carcel (et ce chiffre n'a rien d'exagéré quand il s'agit d'une salle ou d'un atelier) ne peut être atteinte qu'avec des foyers de forte intensité. Ce résultat est intéressant.

Il se retrouve d'ailleurs si l'on fait I constant et

e	I	*h*
		m.
0,1	20	6,050
0,2	»	4,381
0,3	»	3,5[illegible]
0,5	»	2,771
0,7	»	2,341
0,8	»	2,191
1,00	»	4,595

si l'on fait varier *e* de 0,1 à 1,00 carcel, comme

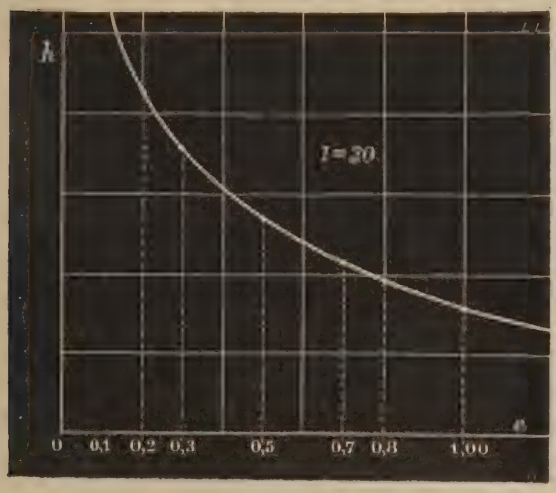


FIG. 7

l'indique la courbe (fig. 7), dans laquelle les hauteurs des candélabres sont portées en ordonnées comme dans la courbe précédente. Pour un foyer de 20 carcels, par exemple, l'utilisation complète de la lumière ne peut guère en pratique être atteinte que pour la valeur de *e* inférieure à 0,8 carcel, et la comparaison des tableaux analogues dressés pour les foyers usuels, peut permettre de fixer dans un avant-projet soit la hauteur des lampes, pour une intensité reçue et un pouvoir éclairant donnés, soit à déterminer la nature des foyers dans le cas où la hauteur est imposée par la construction même du local à éclairer.

(A suivre.) P. CLEMENCEAU.

APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ

A LA MANŒUVRE DES

SIGNAUX DE CHEMINS DE FER

Deuxième Série

2e article. (*Voir le numéro du 5 janvier* 1884.)

SÉMAPHORE HOHENEGGER

Il s'agit cette fois non plus d'un disque rotatif, mais d'un sémaphore dont le bras commande l'arrêt lorsqu'il est horizontal et indique que la voie est libre lorsqu'il est incliné à 45°.

Cet appareil est employé depuis 1875 sur le réseau du Nord-Ouest Autrichien et sur le chemin de communication entre l'Allemagne du sud et l'Allemagne du nord. Il figurait, d'ailleurs, à l'Exposition de Vienne en 1874.

Ainsi que l'indique la figure 12, le bras sémaphorique est mobile autour d'un axe horizontal passant par son centre de gravité et monté à la partie supérieure d'une colonne creuse en fonte lisse. Cet axe traverse une boîte en fonte qui renferme le mécanisme électrique d'enclenchement et de déclenchement du signal.

Dans l'ancienne disposition de cet appareil, il y avait non pas un bras unique, mais une croix munie de verres de couleur qui venaient alternativement se placer devant les lanternes. Mais cette forme de signal qui différait, non seulement des disques ordinaires, mais encore du type de sémaphore définitivement adopté par les chemins de fer allemands de l'Union, n'a pas été conservée et on lui a substitué la forme reproduite à la figure 12 (voir *Revue générale des chemins de fer* 1879, décembre, p. 490).

La lanterne du signal est fixe et à deux feux : elle est masquée de part et d'autre, selon les positions du bras, par des verres colorés qui donnent un feu rouge à l'avant et blanc vers la station, quand le bras est horizontal, et un feu vert des deux côtés, quand ce bras est incliné à 45°. On la met en place au moyen d'une chaîne sans fin qui passe sur deux poulies fixées à la partie supérieure de la colonne du disque.

La hauteur à laquelle est placé le renflement quadrangulaire qui contient le mécanisme de déclenchement, rendant la surveillance assez difficile, on a, dans les derniers appareils de ce système qui ont été construits, disposé ce renflement à une moindre hauteur et on s'est servi d'un renvoi de mouvement pour faire mouvoir le bras. Dans les deux cas, la course du poids moteur qui descend à l'intérieur de la colonne, est la même; la

longueur de la corde qui s'enroule sur le tambour du mouvement d'horlogerie et le diamètre de ce tambour sont calculés de manière que le déroulement complet de cette corde puisse effectuer

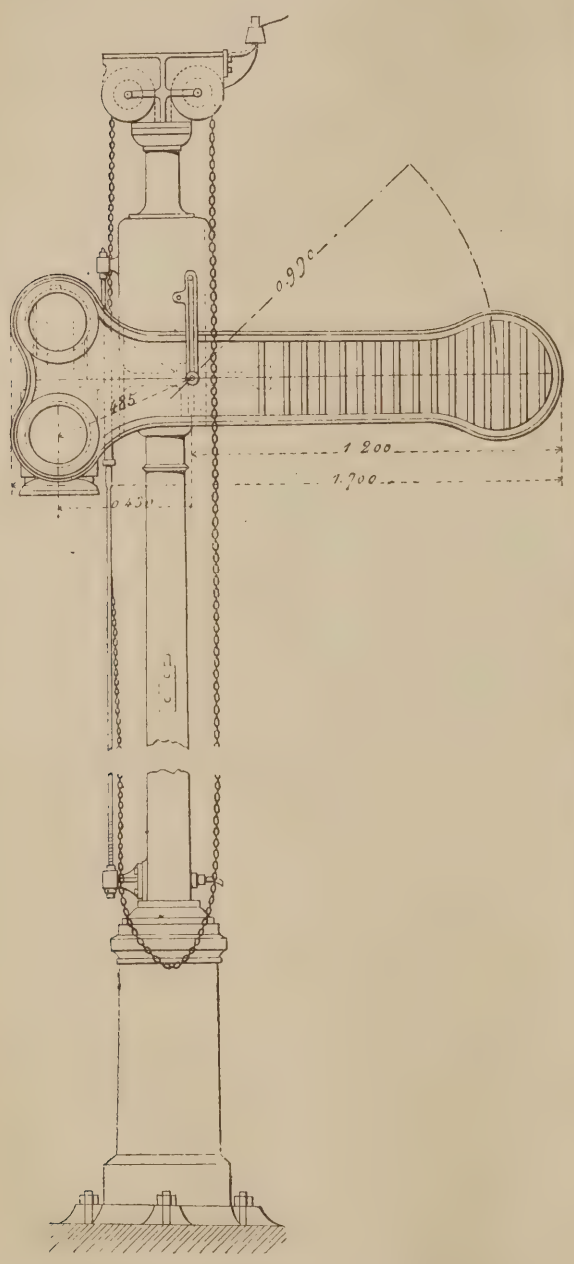


FIG. 12. — SÉMAPHORE DE HOHENEGGER

80 manœuvres du signal, soit 40 mises à l'arrêt et 40 mises à voix libre.

Nous donnons, à la figure 13, la coupe verticale de cette boîte. La rotation de l'axe *v* sur lequel est monté le tambour principal *q* du mouvement d'horlogerie se communique, par une série d'engrenages, aux axes IV, III, II, I; mais un taquet, fixé au pignon I vient buter contre le bras supérieur d'un levier *p'* tournant autour de l'axe VI.

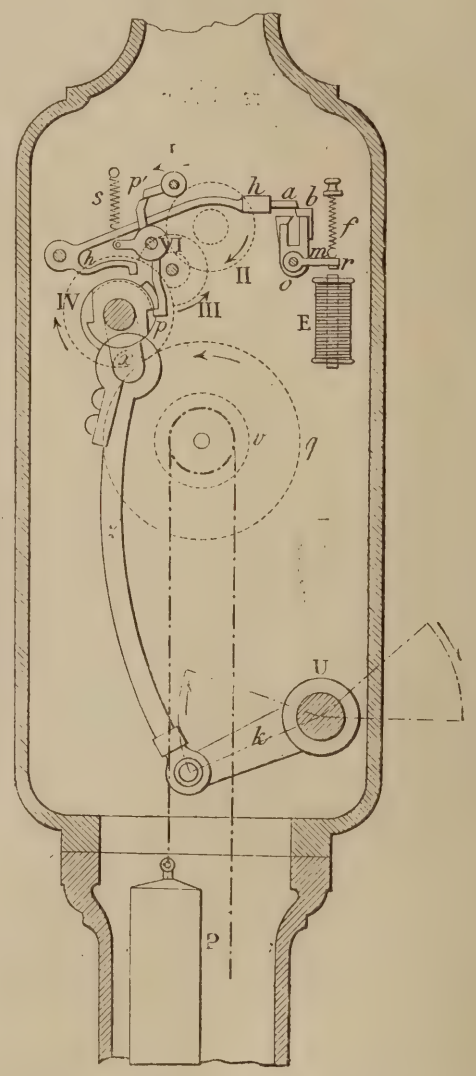


FIG. 13. — VUE INTÉRIEURE DE LA BOITE DU SÉMAPHORE HOHENEGGER

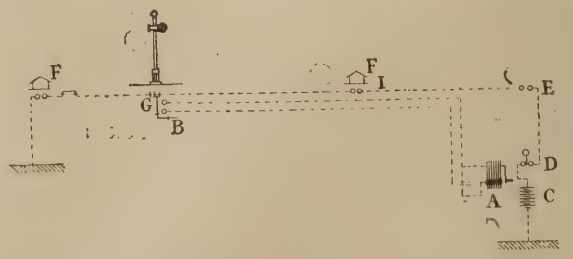


FIG. 14. — DISPOSITION DU CIRCUIT POUR LA MANŒUVRE DU SÉMAPHORE HOHENEGGER

Pour déclencher ce système, on fait passer des courant d'induction dans la bobine E dont l'armature *r* est solidaire de l'échappement à fourchette

om. Les oscillations successives de cette fourchette provoquent la chute du prisme *a* à l'intérieur du bras de la fourche : le balancier *h* tombe et, en appuyant sur un doigt qui dépend du levier *p* et qui est sollicité par un ressort antagoniste S, il déclenche le mouvement d'horlogerie à la fois en *p'* et e n*p*.

FIG. 15. — SIGNAUX DE M. SCHŒFFLER

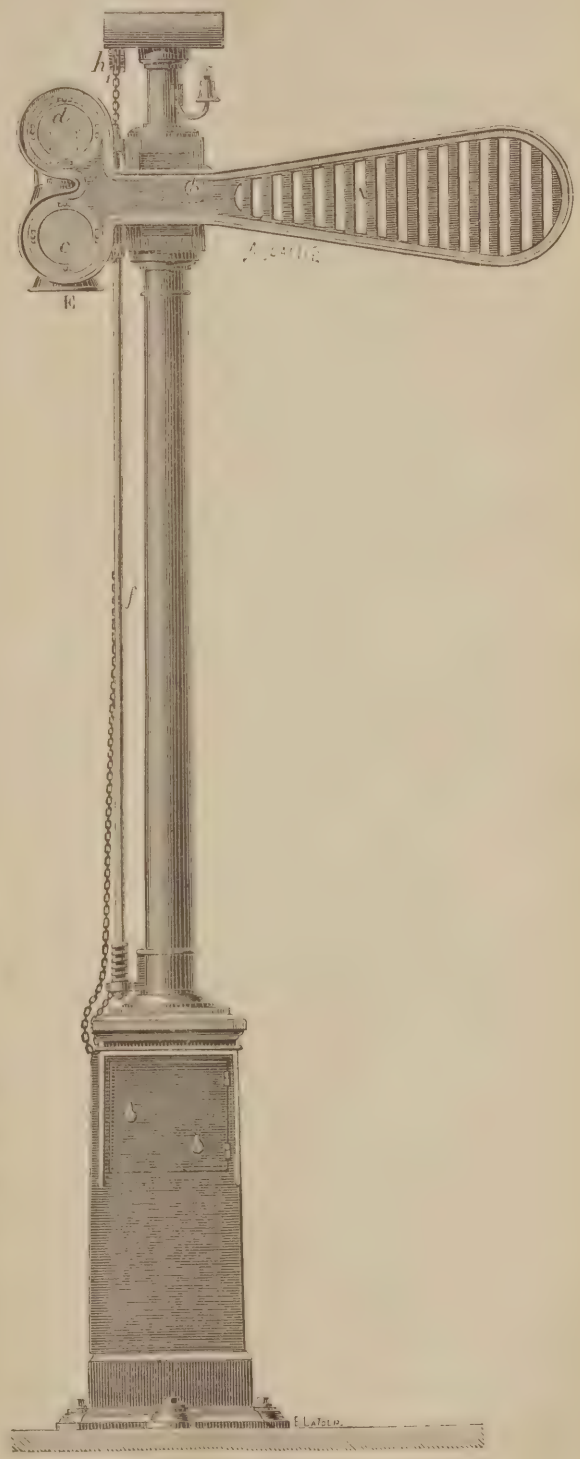


FIG. 16. — SIGNAUX DE M. SCHŒFFLER

Pendant que le pignon IV tourne, une cance excentrique montée sur son axe relève progressi-

vement le levier *h* et tend à remettre le prisme *a* dans sa position initiale; d'autre part le levier *p'* pouvant désormais obéir à l'action du ressort S, enclenche de nouveau le doigt du pignon I, tandis que *p* vient s'accrocher à une dent d'une roue montée sur l'axe IV. L'appareil est donc prêt à fonctionner de nouveau de la même manière.

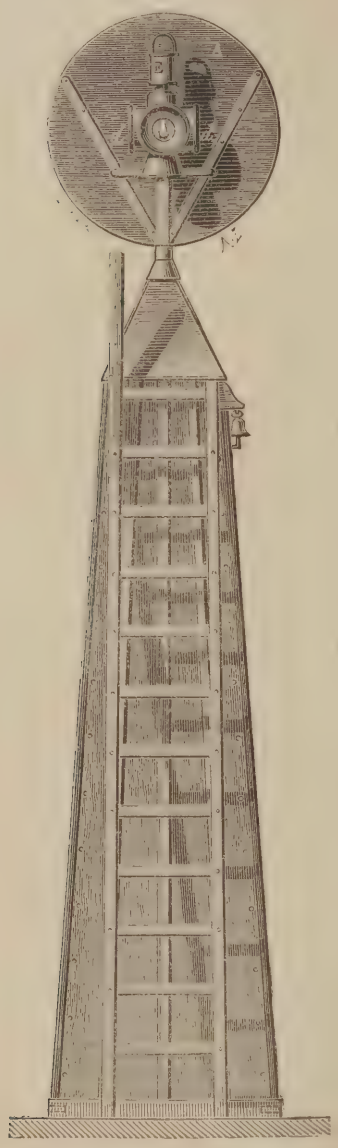


FIG. 17. — SIGNAUX DE M. CHŒFFLER

La transmission du mouvement de rotation continu du tambour au bras du sémaphore qui doit alternativement décrire un arc de 45° dans un plan vertical, se fait au moyen de la manivelle X calée sur le pignon IV, de la bielle courbe Z et de la manivelle K montée sur l'axe *v* du bras, Les dimensions de ces pièces sont établies de manière qu'un demi-tour de la manivelle *x* correspond précisément à l'amplitude d'une oscillation de 45° de la manivelle K.

La disposition du circuit, représentée à la fig. 14, présente deux particularités intéressantes; d'une part, les courants envoyés par la station au moyen de l'inducteur A reviennent au point de départ, après avoir passé dans l'électro-aimant B du signal,

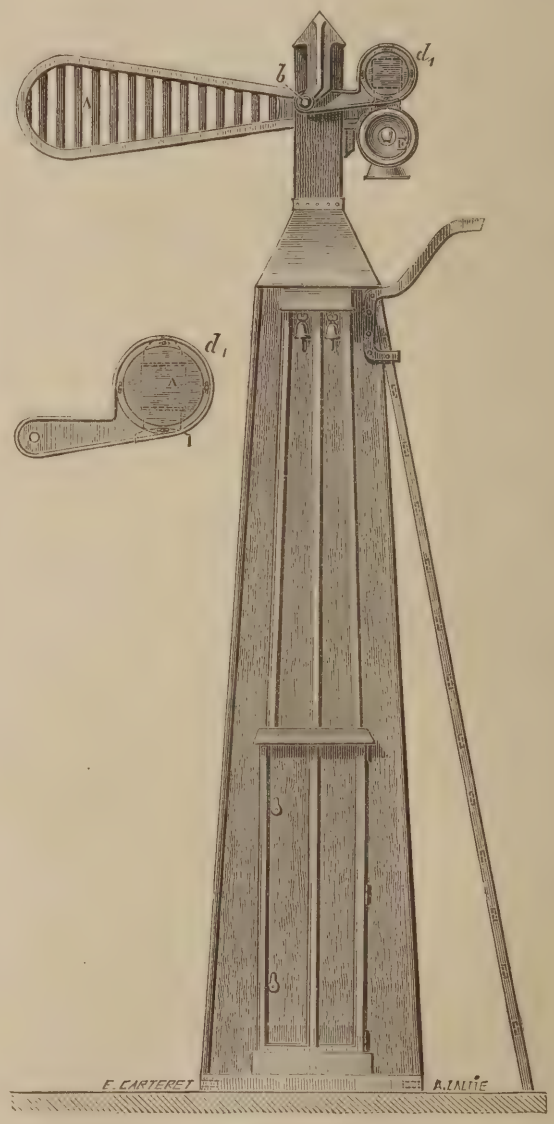


FIG. 18. — SIGNAUX DE M. SCHŒFFER

et ils actionnent un petit signal répétiteur qui reproduit la position du bras sémaphorique. En outre, sur un deuxième circuit I sont installés à la gare une batterie C, une boussole D et une sonnerie trembleuse E, et, en divers points de la ligne, d'autres sonneries de contrôle F, ainsi qu'un contact G qui détermine la fermeture de ce circuit de contrôle lorsque le disque est à l'arrêt. Ce circuit

reste définitivement fermé quand le poids moteur du mouvement d'horlogerie arrive à proximité de la fin de sa course et qu'il ne reste plus que la marge nécessaire pour la production de huit signaux. Cette addition est ingénieuse, mais l'avantage qui en résulte est chèrement acheté par l'emploi de trois fils entre la station et le sémaphore.

SYSTÈMES DE SCHŒFFLER

Parmi les systèmes assez nombreux que M. Schœffler construit et qui figuraient à l'Exposition d'électricité de 1881 dans la section autrichienne, il en est qui sont employés sur le chemin de fer de Pilsen, Priesen Kornotau, sur le Wegthalbahn. Nous donnons (fig. 15 à 18) les types de sémaphores et de disques auxquels s'adapte le mécanisme électrique de l'inventeur, suivant que l'administration qui l'emploie, fait ou ne fait pas partie de l'Union des chemins de fer allemands.

Le signal est fixé à la partie supérieure d'une colonne métallique (fig. 15 et 16) ou d'une pyramide en bois (fig. 17 et 18); la lanterne se hisse au moyen d'une chaîne *f* (fig. 16), ou bien on l'accroche en montant à une échelle (fig. 15, 17 et 18). Tantôt la lanterne tourne avec le disque, tantôt elle est fixe, tantôt l'aile sémaphorique porte deux crans avec des verres de couleur, tantôt elle n'en a qu'un seul.

La tour en bois qui supporte le signal a un aspect moins élégant que la colonne en fonte; elle est d'ailleurs moins solide et d'une durée moindre, mais elle présente le grand avantage de ne pas nécessiter le creusement d'un puits dans les fondations pour la descente du poids moteur.

Ce ne sont là, du reste, que des détails de peu d'importance : ce qui caractérise particulièrement le système de déclenchement électrique de M. Schœffler, c'est que le signal ne peut jamais prendre une position autre que celle qu'on a l'intention de lui donner, au poste d'où on le manœuvre.

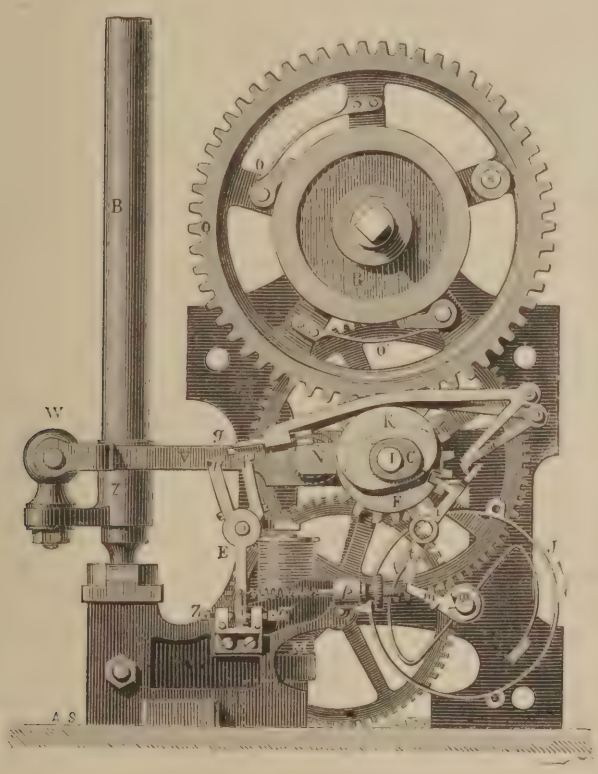


FIG. 19. — MÉCANISME DU DISQUE SCHŒFFLER

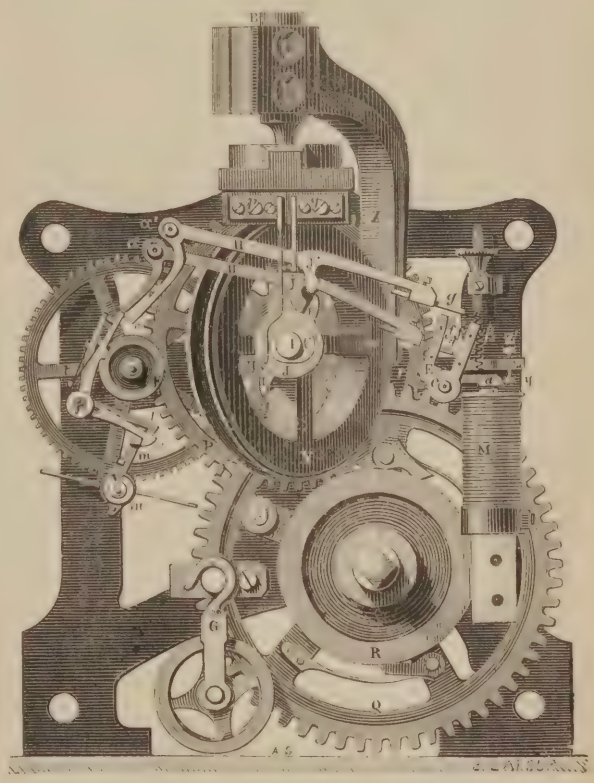


FIG. 20. — MÉCANISME SCHŒFFLER A POULIE OBLIQUE

Comme il existe plusieurs dispositifs imaginés par l'inventeur, nous prendrons l'un d'eux comme base de notre description du système et nous indiquerons seulement les différences qui séparent les autres variantes.

L'organe principal du déclenchement se compose de deux fourches H H′ (fig. 19) mobiles autour des axes *x x′* et dont l'un des bras *g* et *g′* est en prise avec l'échappement à double bec *f f*, tandis que l'autre bras *v v′* agit sur le loquet L.

Le rôle de ce dernier est, à la fois de claveter l'une des deux entailles pratiquées à la circonfé-

rence du disque F, monté sur l'axe I et d'arrêter le doigt *m* monté sur l'axe III.

Deux cames excentriques, telles que K sont placées à 180° sur l'axe I dans des plans verticaux correspondant aux fourches H H'.

Cela posé, admettons que, dans la position indiquée par la figure, le disque soit *à voie libre* et que l'on tasse passer un courant électrique dans le

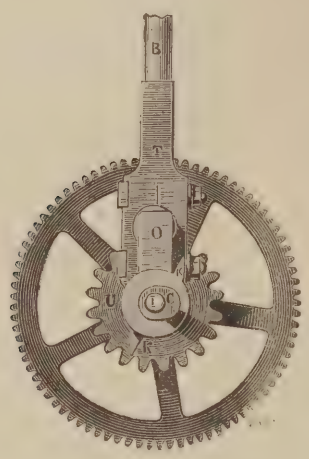


FIG. 20 bis

fil de ligne, l'armature *a* est attirée par l'électro-aimant M, la fourchette E s'incline et le bec à ressort *f* échappe à la palette *g*. Aussitôt la fourche H tombe, le bras VI ouvre le loquet L et déclenche *m*; les axes I et III se mettent à tourner, sous l'action du poids moteur qui tend à entraîner sans cesse le mouvement d'horlogerie. Pendant ce mou-

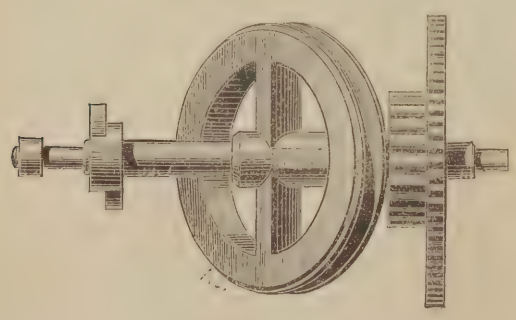


FIG. 20 ter

vement, la came K' a lentement relevé la fourche H' et le loquet est revenu par son propre poids buter contre le disque F de manière à pénétrer dans le second cran de ce disque et à arrêter tout le mouvement au bout d'un demi-tour de roue; en même temps le doigt *m* est revenu en prise.

Mais il y a deux cas à considérer; ou bien l'aimantation de la bobine est durable, c'est-à-dire que le courant électrique qui l'a provoquée a été envoyé avec intention du poste de la gare qui le fait durer pendant tout le temps qu'il s'agit de laisser le disque effacé, ou bien cette aimantation est passagère et provient d'une circonstance fortuite qui ne doit avoir aucune influence sur la position du signal.

Dans le premier cas, l'aimantation ayant persisté, le bec *f* est venu se placer sous la fourche H, de sorte que, dès que celle-ci n'est plus soutenue par la came K, son extrémité *g* repose néanmoins sur le ressort *f* et le mouvement de H' peut s'achever régulièrement : le disque conserve la position que l'on voulait lui donner.

Si au contraire, — et c'est le second cas, — l'aimantation cesse aussitôt qu'elle s'est produite, l'armature cessant immédiatement d'être attirée, la fourchette E sollicitée en *y* par le ressort B, reprend de suite sa position initiale, le bec *f* n'est plus sous la palette *g* et rien n'empêche la fourche H de tomber à son tour lorsque la came K ne la sou-

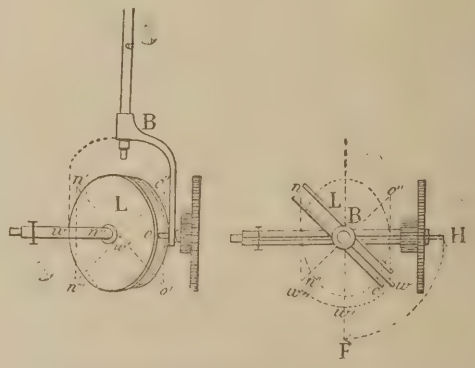


FIG. 21. — CROQUIS SCHÉMATIQUE DU SYSTÈME DE POULIE OBLIQUE

tient plus : dans ces conditions, son bras *v* continue à agir sur le loquet L de manière à l'empêcher de verrouiller le disque F, et l'appareil fait encore un second demi-tour sans s'arrêter, c'est-à-dire que le signal revient de lui-même à sa position d'arrêt après s'être effacé. Ce n'est qu'après cette rotation d'un tour entier que l'extrémité *y* de la fourche H' étant remontée sur le ressort *f* et la came soutenant de nouveau la fourche H, le mouvement se trouve arrêté par le loquet L.

La vitesse du mouvement de rotation est modérée à l'aide d'un frein à sabots J monté sur l'axe III, et qui, déclenché par le doigt t_2 en même temps que le loquet L s'incline vers la droite.

Des cliquets oo' pressés par des ressorts s'opposent à ce que le mécanisme puisse se mouvoir en sens inverse.

La transformation du mouvement de rotation de l'axe I est obtenue dans le type de disque que nous venons de décrire, au moyen de la manivelle N calée sur l'axe I, de la bielle V qui est attachée à une articulation à boule W et de la manivelle X calée sur l'arbre B du signal. A chaque demi-tour exé-

cuté par l'axe I, la manivelle X décrit, dans un sens ou dans l'autre, un arc de 90°.

Nous représentons à la fig. 20 une autre disposition du mécanisme dont la principale différence réside dans le mode de transmission du mouvement de rotation à l'axe du signal. Sur l'axe I est montée à 45° une poulie à gorge N qui est destinée à conduire un tourillon monté sur le bras X qui est lui-même fixé à l'axe B du signal; ce dernier est situé verticalement au-dessus du point d'intersection du plan de la poulie avec l'axe I. Comme

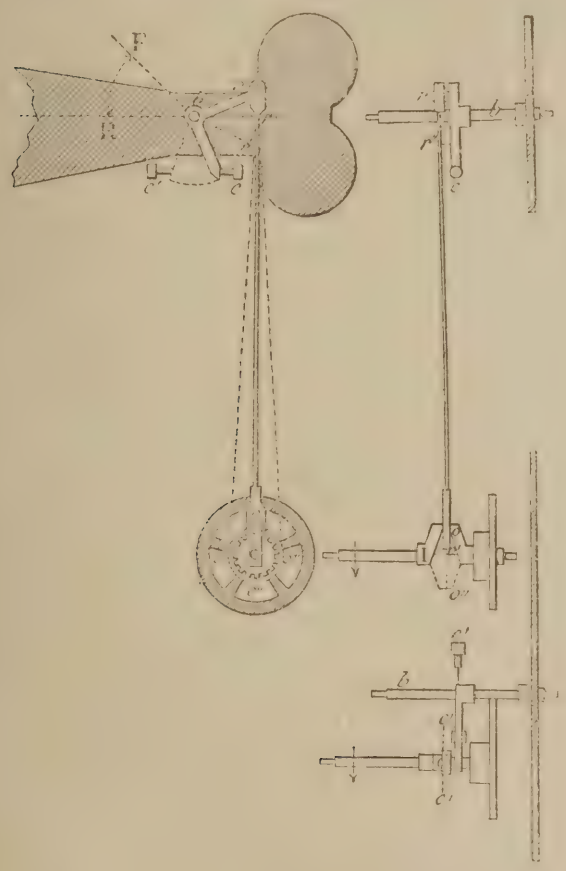


FIG. 22. — TRANSMISSION DE MOUVEMENT POUR SÉMAPHORE

on peut le voir au croquis schématique de la fig. 21, il en résulte que lorsque l'axe I fait un demi-tour, la poulie passe de la position *n o* à la position *n″ o″* par exemple, et que le tourillon qui la suit décrit l'arc de 90° W W″, et ainsi de suite alternativement.

On remarquera que, dans ce type de signal, le frein monté sur l'axe III est un frein à palettes agissant par l'action de la résistance de l'air. En outre, au lieu de cames, montées sur l'axe I, ce sont les doigts K K′ qui agissent sur les taquets *j′ j′* fixés en saillie sur les leviers H H′. Enfin en *p* et *q* se trouvent vissés des ressorts de contact qui établissent ou rompent le circuit de contrôle, suivant que la came *c* occupe la position de la fig. 20 ou la position opposée à 180°.

Dans le cas où il s'agit de faire mouvoir un bras sémaphorique, on se borne à couder l'axe I, à lui

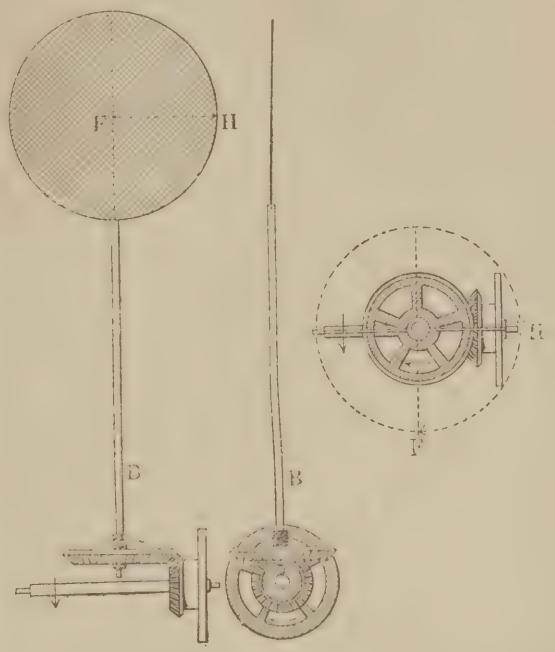


FIG. 23. — DISPOSITION SCHÉMATIQUE DU TYPE DE SIGNAL A ENGRENAGES

adapter une tête de bielle T qui communique un mouvement alternatif à la tige B commandant le bras du signal. (Voir fig. 22.)

Dans le système de transmission indiqué par la

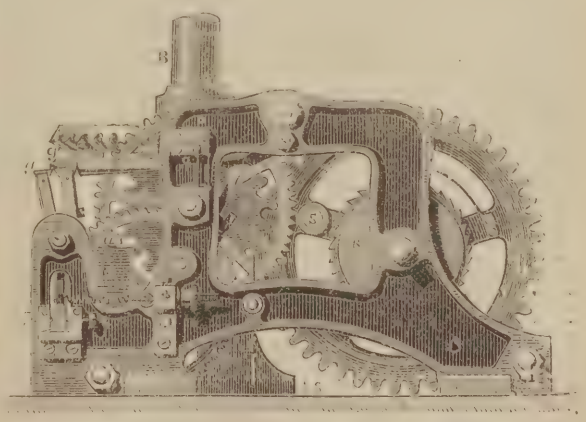


FIG. 24. — TYPE DE TRANSMISSION A ENGRENAGES

fig. 24 et le croquis 23, la transmission du mouvement s'opère au moyen d'une paire de roues d'engrenages d'angle. C'est la disposition la plus simple; mais cela a l'inconvénient, comme nous l'avons vu déjà plus haut, de nécessiter deux rotations iné-

gales, l'une de 90°, l'autre de 270°, pour le passage du disque de l'une à l'autre de ses positions, et pour une même chute du poids moteur, on n'obtient que la moitié des signaux donnés par les autres systèmes.

(A suivre) M. Cossmann.

LES PREMIERS PAS

DE

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

L'éclairage électrique remonte, comme on sait, à la célèbre expérience de Sir *Humphry Davy* à laquelle on donne souvent pour date 1813, mais qui eut lieu réellement en 1809 ou 1810.

Il existe cependant quelques indications d'expériences faites antérieurement à cette date sur la production de l'étincelle électrique entre deux charbons.

M. Silvanus P. Thompson a donné à ce sujet d'intéressants détails dans le journal anglais *Nature :*

« En parcourant, dit-il, un vieux volume du *Journal de Paris*, j'ai trouvé, à la date du 22 ventôse an X (12 mars 1802), le passage suivant qui se rapporte évidemment à une exhibition de l'arc électrique :

« Le citoyen Robertson, auteur de la fantasma-
« gorie, fait en ce moment des expériences inté-
« ressantes et qui doivent sans doute avancer nos
« connaissances sur le *galvanisme*. Il vient de
« monter des piles métalliques au nombre de 2 500
« plaques de zinc et autant en cuivre rosette. Nous
« parlerons incessamment de ses résultats, ainsi
« que d'une expérience nouvelle qu'il a faite hier
« avec deux charbons ardents.

« Le premier étant placé à la base d'une colonne
« de 120 éléments de zinc et argent, et le second
« communiquant avec le sommet de la pile, ils ont
« donné au moment de leur réunion une étincelle
« brillante d'une extrême blancheur qui a été aper-
« çue par toute la société. Le citoyen Robertson
« répétera cette expérience le 25. »

. . . . . .

« La date généralement donnée, pour l'invention de la lumière électrique par sir Humphry Davy, est 1809, mais je savais que des mentions antérieures de son expérienée se trouvaient dans l'*Electricity* de Cuthberson (1807) et dans d'autres ouvrages. J'étais aussi sous l'impression que des indications antérieures relativement à ce sujet existaient dans les ouvrages mêmes de Davy. La découverte du passage du *Journal de Paris* cité plus haut m'amena à consulter les premiers volumes du *Philosophical Magazine* et du *Nicholson's Journal.*

« Dans la *Philosophical Magazine*, vol IX, p. 219, à la date du 1er février 1801, dans un mémoire de M. H. Moyes, d'Edimbourg, relatif à des expériences faites avec la pile à colonne, on trouve le passage suivant :

« Quand la colonne en question avait atteint la
« hauteur de sa force, ses étincelles se voyaient à
« la lumière du jour, même quand on les faisait
« jaillir avec un morceau de charbon tenu à la
« main. »

« Dans le *Journal of the Royal Institution*, vol. I (1802) Davy décrit, à la page 106, quelques expériences produites par la pile et dit :

« Quand au lieu de métaux on employait des
« morceaux de charbon bien calciné, l'étincelle
« était encore plus grande et d'une vive blan-
« cheur. »

« A la page 214, il décrit et dépeint un « Appa-
« reil pour prendre l'étincelle galvano-électrique
« dans des substances fluides et aériformes. » Cet appareil consistait en un tube de verre ouvert par le haut et ayant sur le côté une tubulure par laquelle pénétrait un fil terminé par du charbon; un autre fil terminé aussi par du charbon traversait le fond et était mastiqué dans une position verticale.

« Mais toutes ces indications sont postérieures à une lettre imprimée dans le *Nicholson's Journal*, en octobre 1800, p. 150. Cette lettre est intitulée : « Expériences additionnelles en électricité galva-
« nique, dans une lettre à M. Nicholson. » Elle est datée « Dowry Square, Hotwells, 22 septembre 1800 » et signée par Humphry Davy, qui, à cette époque, était préparateur du Dr Beddoes, à l'ancienne Philosophical Institution de Bristol. Cette lettre commence ainsi :

« Monsieur. — Les premiers expérimentateurs
« en électricité animale ont remarqué la faculté qu'a
« le charbon bien calciné de conduire l'action gal-
« vanique ordinaire. J'ai trouvé que cette sub-
« stance possède les mêmes propriétés que les
« corps métalliques pour la production des com-
« motions et de l'étincelle, quand on s'en sert pour
« établir la communication entre les extrémités de
« la pile galvanique du signor Volta. »

« Dans aucun de ces extraits, cependant, on ne trouve rien qui ait trait aux propriétés de l'*arc*, comme étincelle lumineuse *continue*. C'est dans ses recherches postérieures que Davy fit connaître ses propriétés. On voit cependant que la lumière électrique avait attiré l'attention avant que l'on eût observé sa propriété spéciale de continuité. »

Il résulte de cette note de M. S.-P. Thompson, que l'expérience de Roberston n'est en aucune façon une antériorité à l'expérience de Davy. L'auteur de la fantasmagorie n'avait pas obtenu l'arc proprement dit avec sa continuité caractéristique,

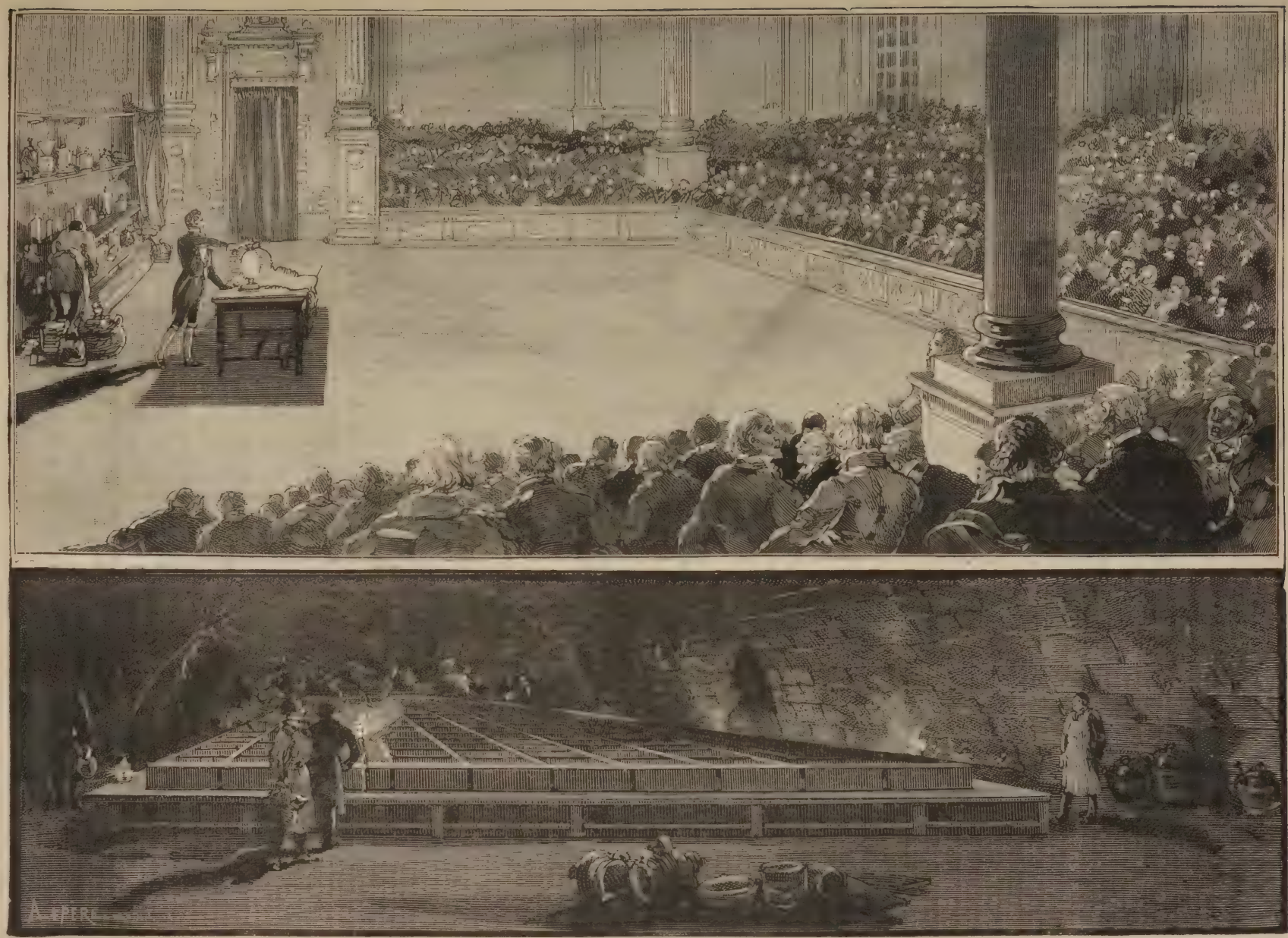


FIG. 1. — EXPÉRIENCE DE DAVY A LA « ROYAL INSTITUTION »

et n'avait fait que produire l'étincelle électrique entre deux charbons, expérience déjà indiquée dès 1800 par Davy.

Ce dernier n'avait alors à sa disposition qu'une pile relativement faible, et il est tout naturel que dans ces conditions, il ait produit l'étincelle sans voir ses propriétés pour la production de la lumière.

Ce fut seulement en 1808 qu'il fut à même d'opérer plus en grand; à cette époque [1] un groupe d'hommes s'intéressant aux progrès de la science, souscrivirent les fonds nécessaires pour la construction d'une grande batterie destinée au laboratoire de la Royal Institution. Cette pile était composée de 2 000 éléments montés dans 200 cuves en porcelaine, dont une se trouve encore à la Royal Institution. Les plaques de zinc de ces éléments avaient chacune 32 pouces carrés, ils formaient en les additionnant une surface de 80 mètres carrés, et c'est avec cette puissante batterie que Davy fit, en 1810, l'expérience de l'arc voltaïque devant les membres de la Royal Institution.

Les charbons employés étaient des tiges de charbon de bois, et s'usaient rapidement en brûlant dans l'air. Aussi Davy, pour donner quelque durée à l'expérience fut-il obligé de la répéter en enfermant les charbons dans un globe de verre, comme celui de l'appareil, connu sous le nom d'œuf électrique. La figure 1 représente l'expérience faite sous cette forme, dans le grand amphithéâtre de la Royal Institution, à Londres.

Depuis 1810, l'expérience de Davy fut souvent répétée dans les cours, mais elle ne reçut une première application pratique qu'en 1844, entre les mains de *Foucault*. Ce dernier, raconte M. Figuier dans les *Nouvelles conquêtes de la science*, était alors préparateur du cours d'anatomie microscopique du Dr Donné, à l'hôpital des cliniques. En quittant l'étude de la chirurgie à laquelle il s'était consacré tout d'abord, il avait mis ses connaissances en mécanique et en physique au service du savant professeur de micrographie, et eut l'occasion de les utiliser spécialement lors de la publication qu'il fit avec lui d'un *Atlas d'anatomie microscopique*. Les dessins d'après lesquels étaient gravées les planches étaient obtenus au moyen du microscope solaire, mais cette méthode était peu commode, les opérateurs n'ayant pas toujours le soleil à leur disposition. Cet inconvénient inspira à Foucault l'idée de remplacer la lumière solaire par celle de l'arc électrique. Mettre les charbons dans le vide, comme l'avait fait Davy, n'était pas pratique: Foucault résolut le problème en changeant la nature des charbons et remplaçant les charbons de bois par des tiges taillées dans le charbon des cornues à gaz. Avec cette nouvelle substance, la combustion des charbons était considérablement ralentie; Foucault put aisément maintenir la continuité de l'arc en disposant les charbons sur un support permettant de les rapprocher au fur et à mesure qu'ils s'usaient. Son appareil était un régulateur à main analogue à ceux qui servent aujourd'hui pour des expériences de cours, et dont le plus employé est celui de M. Boudreaux (fig. 2). Le courant était fourni par 46 éléments de la pile que Bunsen venait d'inventer en 1842.

La même année l'appareil de Foucault, employé avec le plus grand succès pour la production des dessins de l'*Album*, servit à M. Deleuil pour faire

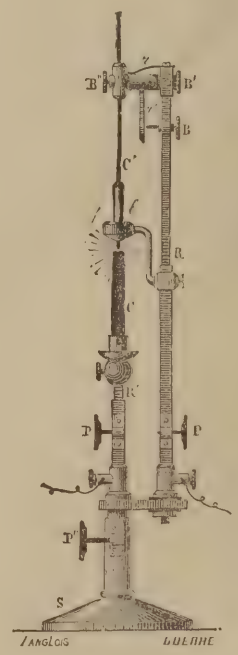


FIG. 2

une expérience d'éclairage public sur la place de la Concorde [1]. Le régulateur à main placé sur les genoux de la statue de la ville de Lille éclairait la place, ainsi que le montre notre gravure (fig. 3).

L'introduction du charbon de cornue comme électrode, était déjà un grand pas, mais Foucault n'avait fait à ce moment aucune tentative pour que son appareil pût automatiquement maintenir la lumière constante. Le premier essai dans cette voie est dû à *Thomas Wright*. Il breveta en 1845 une lampe que représente la figure 4. A l'intérieur d'un globe D, cinq disques de charbon ou de plombagine étaient supportés par deux anneaux et animés par un rouage d'un mouvement lent de rotation

[1] J. Dredge. *Electric Illumination*, p. 24.

[1] D'après M. H. Fontaine, Deleuil avait déjà fait des expériences d'éclairage électrique dès 1842.

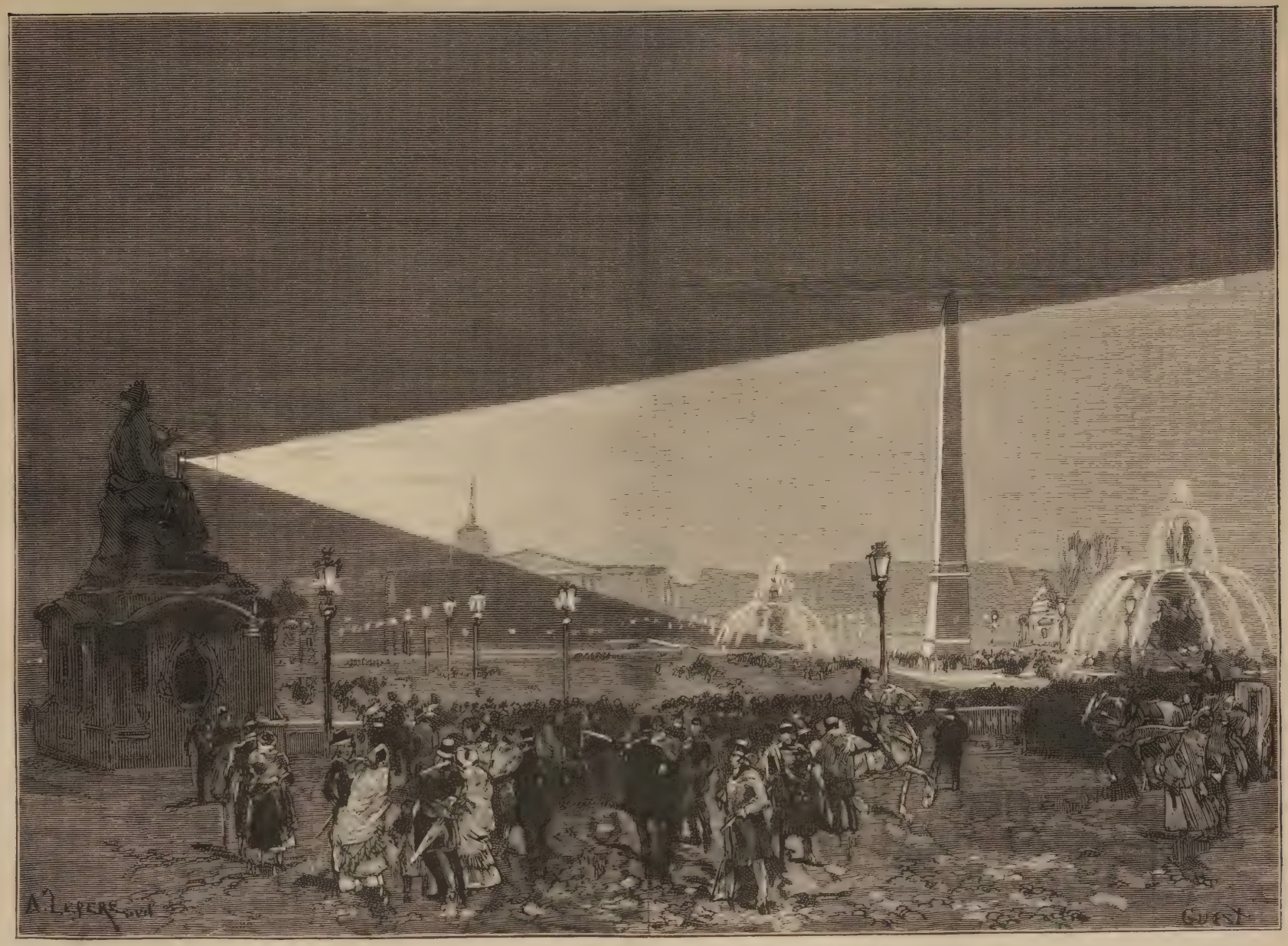


FIG. 3. — ÉCLAIRAGE DE LA PLACE DE LA CONCORDE PAR DELEUIL

autour de leurs axes. Au moment où l'on faisait passer le courant, tous les disques se touchaient, on écartait alors B^2 et B^4 au moyen des vis C^1 et C^2, et il se formait un arc de chaque côté de ces disques. Le mouvement de rotation, renouvelant sans cesse les points des disques entre lesquels se produisaient les arcs, assurait pendant un certain temps la continuité de la lumière.

Cet appareil était encore bien primitif, et c'est seulement en 1846 que fut inventé le premier appareil présentant le rapprochement automatique des charbons.

Cet appareil était dû à *W.-E. Staite*, un homme dont le nom est trop peu connu et dont les inventions étaient certainement en avance sur son époque. Le principe appliqué par lui consistait à pousser les charbons par des ressorts pour les maintenir à distante constante. Ils étaient maintenus obliquement dans des supports dans lesquels ils glissaient et venaient buter contre une masse de matière réfractaire qui les tenait à la distance

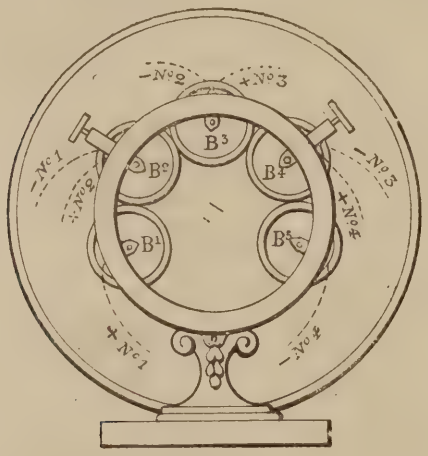


FIG. 4

convenable pour la production de l'arc. Naturellement un allumage était nécessaire.

L'année suivante, en 1847, Staite eut l'idée d'utiliser l'affaiblissement du courant sous l'influence de l'allongement de l'arc pour produire le rapprochement des charbons, et il est intéressant de remarquer que l'organe employé par lui était déjà le solénoïde qui forme la base des meilleurs régulateurs actuels.

Dans sa lampe, le charbon supérieur était fixe et le charbon inférieur était porté par une tige filetée OO (fig. 5). Cette vis, guidée par une pièce *s* dans un tube fendu des deux côtés, traversait un écrou *e* qu'un second tube P, mobile autour de son axe vertical, entraînait dans son mouvement de rotation. Une vis sans fin SS, commandée par une roue dentée, faisait tourner le tube et, suivant le sens du mouvement, faisait monter ou descendre le porte-charbon, à peu près comme cela a lieu pour la mine d'un crayon porte-mine.

D'autre part, un solénoïde R était embroché dans le circuit; sur son noyau reposait un axe vertical portant deux pignons W, W, mis en mouvement d'une façon continue par un rouage d'horlogerie que, pour plus de clarté, on n'a pas

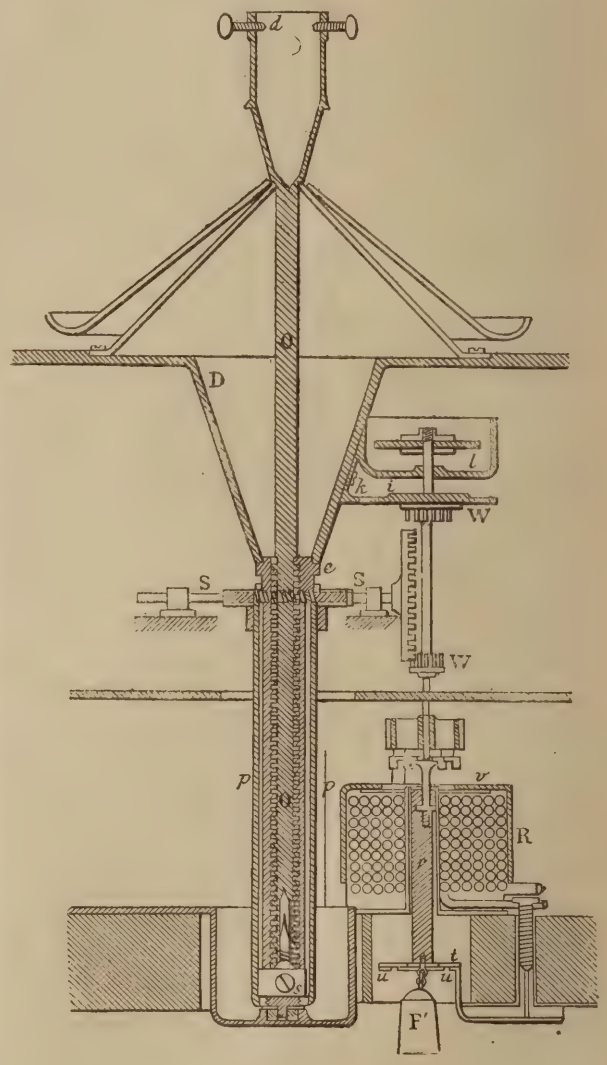


FIG. 5

indiqué sur la figure. Pour une longueur normale de l'arc, cet axe se trouvait arrêté par le bras *i* butant contre l'arrêt *k*. L'équilibre voulu entre l'attraction du solénoïde et le poids du noyau, était obtenu en chargeant ce dernier d'un poids réglable F. Si l'arc s'allongeait, le courant s'affaiblissant, le noyau *r* s'abaissait et la roue de la vis tangente engrenait avec le pignon W supérieur; le tube P tournait dans le sens nécessaire pour faire monter le porte-charbon. Si au contraire les char

bons se trouvaient trop rapprochés, et cela avait lieu par exemple au moment de l'allumage, le noyau s'élevait par suite de la trop grande intensité du courant, et la vis SS commandée cette fois par le pignon W inférieur faisait tourner le tube P de façon à abaisser la vis OO et à écarter les charbons.

L'appareil était bien compris et susceptible de fonctionner régulièrement, mais Staite ne s'en contenta pas, et l'année suivante (1848) il prit en collaboration avec *Petrie* un brevet portant sur un nombre considérables de points.

Un certain nombre de dispositions étaient indiquées; plusieurs méritent d'être mentionnées.

C'est d'abord une modification du premier appareil dans laquelle le mode d'élévation et d'abaissement du porte-charbon inférieur est complètement

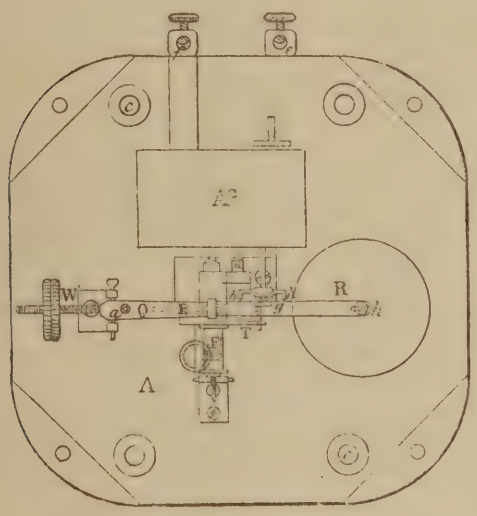


FIG. 6

changé. Le porte-charbon G (fig. 6 et 7) est formé par une crémaillère engrenant sur un pignon, un poids W dont la corde s'enroule sur le treuil F', est destiné à équilibrer ce porte-charbon. Sur le même axe que F' est une roue dentée E commandée par un double cliquet que porte un bras T fou sur l'axe; une pièce *h* mue par un rouage d'horlogerie A² imprime continuellement un mouvement de va-et-vient à T et par suite au double cliquet. Il en résulte que les cliquets tendent à faire monter ou descendre le porte-charbon selon que c'est l'un ou l'autre d'entre eux qui agit sur la roue E. Or, le sens de l'embrayage est déterminé par un levier Q articulé en *a*, et commandé par le noyau du solénoïde R compris comme précédemment dans le circuit. Ce levier porte une lame *b*: quand les charbons sont trop écartés, le courant étant affaibli, le levier Q s'abaisse, la lame *b* appuie sur les dents de E l'extrémité du cliquet, la roue tourne alors de façon à faire monter le porte-charbon. Quand les charbons se rapprochent et que l'intensité du courant augmente, le levier Q se

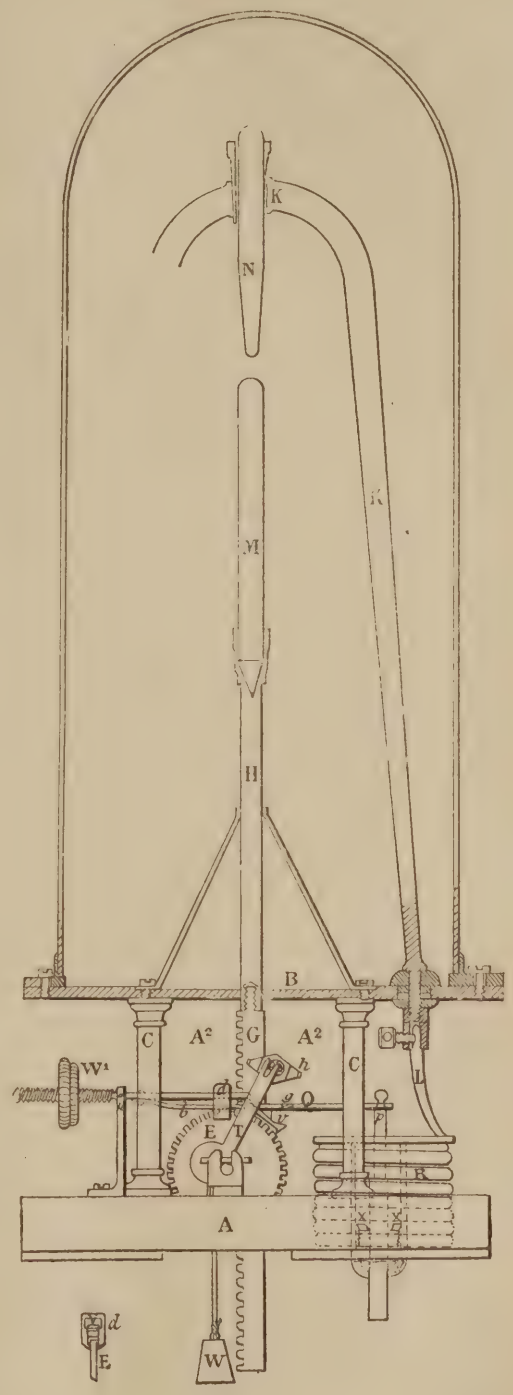


FIG 7

relève, *b* dégage le cliquet dont le bout lourd *v* entre alors en action et la roue E tourne dans le sens nécessaire pour écarter les charbons.

Un autre dispositif plus intéressant encore est celui que représente la figure 8. Le porte-charbon, toujours formé par une crémaillère, est porté direc-

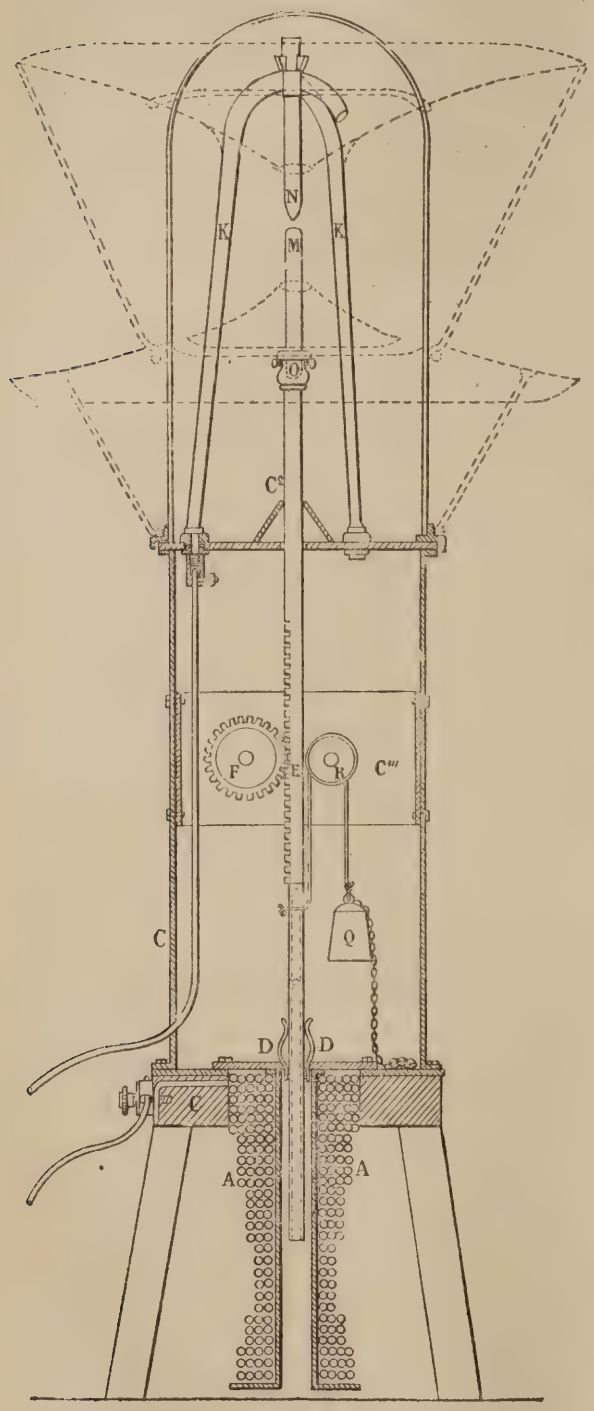


FIG. 8

tement par le noyau B du solénoïde régulateur, et le poids de l'ensemble et l'attraction du solénoïde, pour l'écart normal des charbons sont exactement équilibrés par un contrepoids Q. La crémaillère engrène en outre assez librement avec un pignon F qui, par l'intermédiaire d'un rouage, fait tourner une ailette. Ce système sert d'amortisseur au mouvement du porte-charbon. Quant au jeu de la lampe, il est des plus simples, et d'ailleurs bien connu. C'est celui de la lampe Archereau : l'affaiblissement d'intensité résultant de l'écart des charbons permet au noyau du solénoïde de s'élever, et remet les charbons à la distance pour laquelle le poids du porte-charbon et l'action du solénoïde sont juste équilibrés par le contrepoids Q. La

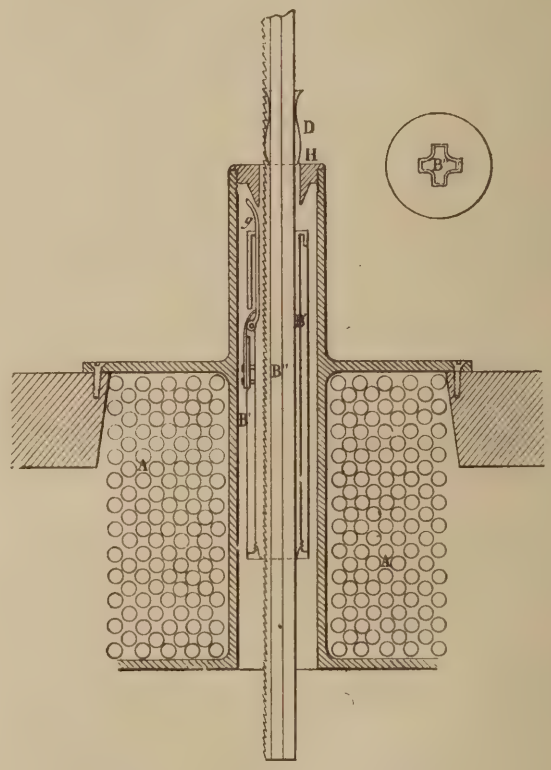


FIG. 9

lampe de Staite présentait même en vue de la production de cet équilibre, un point fort curieux dans l'emploi d'une chaîne métallique suspendue au poids Q. Cette chaîne, au moment de l'allumage, a son extrémité juste au-dessus de la base de la lampe, et son poids s'ajoute à celui de Q pour produire l'équilibre. A mesure que le charbon brûle, son poids diminue, ce qui tendrait à détruire l'équilibre, mais alors une partie de la chaîne pose sur la base de l'appareil, ce qui diminue d'autant le contrepoids ; et si la chaîne a été choisie de façon qu'à longueur égale elle ait le même poids que le charbon, l'équilibre des poids est maintenu d'une façon constante.

En supprimant la chaîne et rendant le contrepoids un peu plus fort que la somme des actions

contraires, Staite avait fait de cet appareil un régulateur intermittent applicable pour des signaux de phares. Dans ce cas, quand le courant était assez affaibli par l'allongement de l'arc, le solénoïde lâchait son noyau et les charbons venaient au contact; puis l'allumage se faisait de nouveau et l'on avait ainsi une série d'allumages et d'extinctions successives.

Il avait également modifié l'appareil à chaîne en remplaçant son solénoïde par le dispositif représenté par la figure 9. Le contrepoids est alors calculé de façon à être quelque peu prépondérant. Le porte-charbon dont la section présente la forme d'une croix, est denté sur un de ses côtés et passe à l'intérieur du noyau du solénoïde; il est retenu

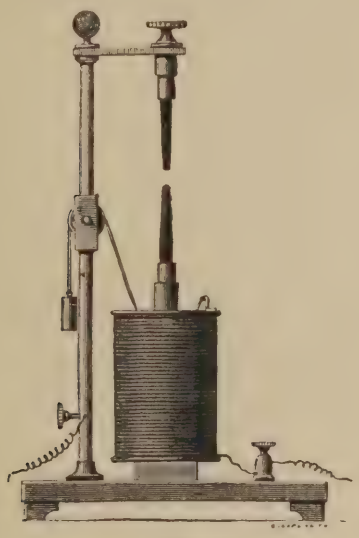


FIG. 10

par un cliquet *g* que porte ce dernier et s'abaisse avec lui sous l'influence du solénoïde jusqu'à ce qu'il y ait équilibre entre l'action de la pesanteur et l'attraction magnétique. A mesure que l'arc s'allonge, l'attraction du solénoïde diminue, le noyau s'élève, mais à un moment donné le plan incliné H appuie sur le cliquet *g* et dégage le porte-charbon qui peut alors s'élever sous l'influence du contrepoids jusqu'à ce que l'accroissement de l'intensité du courant, abaissant de nouveau le noyau, remette le cliquet en prise.

Nous citerons encore parmi les inventions de Staite à cette époque, l'emploi comme électrode supérieure d'un disque de charbon mis en rotation par un mouvement d'horlogerie.

Un peu plus tard, en 1852, Staite fit encore breveter une lampe analogue à celles que nous avons décrite et dans laquelle le charbon, au lieu d'être tiré par un contrepoids, était porté par un flotteur et poussé par la pression du liquide. Le jeu du solénoïde était d'ailleurs peu modifié.

Ajoutons que Staite ne s'était pas contenté de décrire ces diverses lampes dans ses spécifications, qu'il les avait construites, et qu'il fit avec elles de nombreuses expériences publiques.

Dans son numéro du 20 novembre 1848, le *Times* s'exprimait ainsi à leur sujet : « L'intensité de cet éclairage est immense. Il ressemble au soleil ou à la lumière du jour, et obscurcit l'éclat des bougies comme le ferait le soleil lui-même. » Staite continua le cours de ses expériences et jusqu'à sa mort, arrivée en 1852, les répéta dans les différentes villes d'Angleterre.

La relation étroite qui relie les uns aux autres

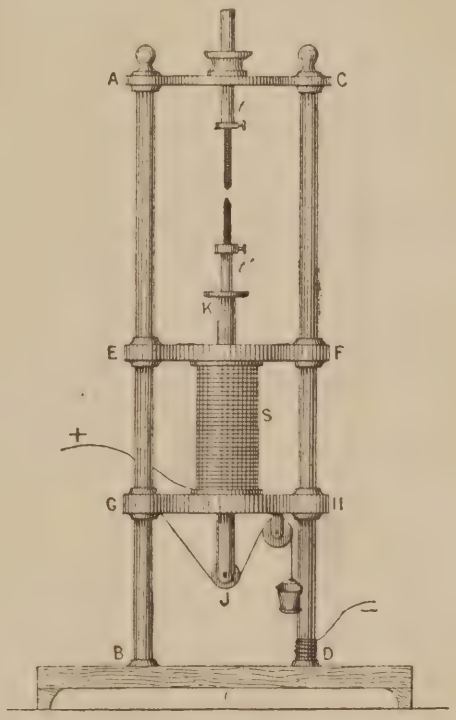


FIG. 11

les divers appareils de l'inventeur anglais, nous a amené à le suivre depuis le début jusqu'à la fin de sa carrière, et nous a fait négliger deux autres inventeurs, Foucault et Archereau qui, en France, s'occupaient en même temps de la question du *régulateur électrique*. Il est difficile, pour une époque comme celle dont nous parlons et à laquelle la prise d'un brevet était chose moins usuelle qu'aujourd'hui de fixer exactement la date d'une invention. Nous croyons cependant que, comme nous l'avons dit plus haut, la priorité de l'invention du régulateur électrique, en général, revient bien à Staite, puisque ses premiers brevets remontent à 1846 pour la lampe à charbons obliques, à 1847 pour son premier régulateur à solénoïde, et que ses différentes études se suivent si

rapidement qu'elles forment pour ainsi dire un tout non interrompu. Il est en tout cas le premier dont la priorité soit constatée par des documents officiels.

Quant aux deux inventeurs français, si Foucault est certainement le premier à avoir appliqué l'arc électrique, le régulateur d'Archereau, dont l'invention est généralement indiquée comme datant de 1849, paraît avoir été construit avant l'appareil de Foucault.

Pour ce dernier, on est généralement d'accord sur la date de 1848; or, M. Figuier, témoin oculaire du développement de l'éclairage électrique en France, indique qu'Archereau avait déjà, en 1847, fait des expériences publiques avec son régulateur à solénoïde. Quoi qu'il en soit de ces petites différences de date, il est certain qu'à cette époque, l'invention du régulateur électrique était, comme on dit, dans l'air, et l'on ne peut séparer quand on parle de cette invention, les trois noms de Staite, de Foucault et d'Archereau.

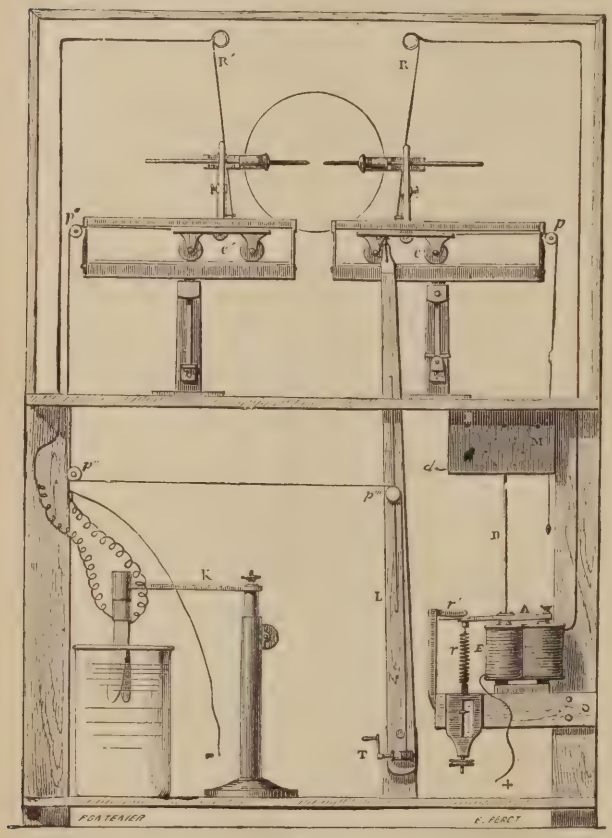


FIG. 12

L'appareil d'Archereau était très voisin, comme nous l'avons fait remarquer, d'un des appareils de Staite décrits plus haut, celui dans lequel le charbon inférieur est porté directement par le noyau du solénoïde régulateur, et où l'affaiblissement même du courant par l'accroissement de la longueur de l'arc permettait au contrepoids de relever le noyau et, par suite, le charbon inférieur. Ce régulateur est généralement représenté dans les ouvrages de physique par la fig. 10, il était, en réalité, construit comme le montre la fig. 11, qui s'explique d'elle-même.

M. Archereau avait, on le sait, transformé la pile Bunsen dans laquelle le charbon entourait le vase

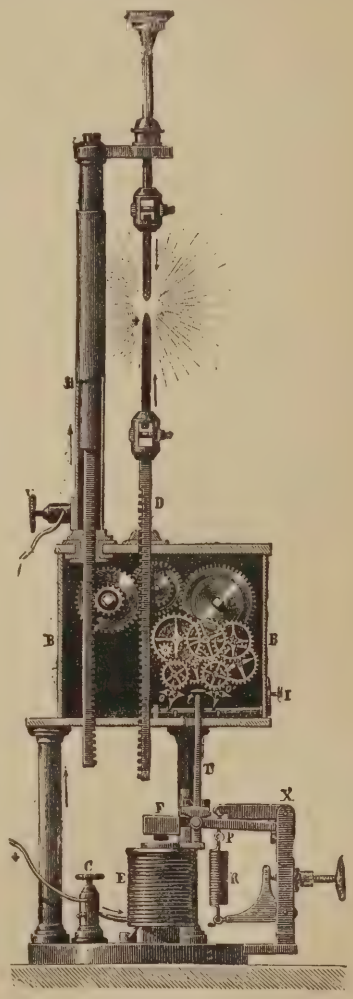


FIG. 13

poreux et lui avait donné sa forme actuelle. La révolution de 1848 l'ayant ruiné, il dut faire commerce de cette pile et s'établit sur le quai des Orfèvres, c'est là qu'il fit à partir de juillet 1848 de fréquentes expériences d'éclairage électrique dont la colonnade du Louvre et le quai étaient le plus souvent l'objectif.

Le régulateur de Foucault plus précis que le précédent était aussi beaucoup plus compliqué. Il est représenté sous sa forme primitive par la fig. 12.

Les charbons placés horizontalement sur deux chariots *c* et *c'* tendent à être poussés l'un contre l'autre par deux ressorts R et R'. Le porte-charbon positif *c* est retenu par un fil *p* qui ne cède que quand on laisse défiler le rouage d'horlogerie M. Ce dernier est embrayé par une tige fixée à l'armature d'un électro E traversé par le courant principal. Un levier L et un fil *p'* rendent le porte-charbon négatif *c'* solidaire de *c* et le font avancer moitié moins vite que celui-ci. Quand le courant a son intensité normale, l'armature de l'électro est attirée et embraye le rouage, mais quand le courant s'affaiblit, l'armature relâchée dégage le rouage et permet le rapprochement des charbons, K est un voltamètre intercalé dans le circuit et permettant de régler l'intensité du courant de la pile en enfonçant plus ou moins les lames de platine dans le liquide.

Sous cette forme du régulateur, l'allumage n'était pas automatique; Foucault dut ajouter à son appareil un second rouage pour l'allumage, et bientôt s'associant avec le constructeur Duboscq, il en arriva au régulateur qui porte le nom des deux physiciens, et qui fut dès 1849, appliqué au théâtre de l'Opéra pour la production du soleil dans l'opéra du *Prophète*.

Le modèle de lampe adopté par Foucault et Duboscq, après plusieurs essais, était peu différent du type actuel de ce régulateur que représente la fig. 13.

Les charbons sont rendus solidaires l'un de l'autre par l'intermédiaire de deux roues dentées de diamètres différents et tendent à se rapprocher sous l'influence d'un barillet L. Celui-ci commande un rouage dont le dernier mobile *o'* peut être embrayé par une tige terminée en marteau que mène l'armature de l'électro E traversé par le courant.

Quand cette tige débraye le mobile *o'*, elle embraye le dernier mobile d'un second rouage commandé par un autre barillet; elle peut, en outre, pour la position moyenne de l'armature embrayer ensemble les deux rouages. L'un des rouages tend à rapprocher les charbons, l'autre par l'intermédiaire d'une roue satellite reprend le premier en sens contraire et tend à les écarter; suivant la position de l'armature de l'électro-aimant sous l'influence du courant, l'un ou l'autre de ces effets se produit.

Le régulateur Foucault et Duboscq est très précis et sensible, mais il exige un bon réglage du ressort antagoniste de l'armature. Il est fort convenable pour des projections scientifiques et des effets théâtraux, et c'est à cela surtout qu'il a été appliqué depuis son invention.

(*A suivre.*) AUG. GUEROUT.

LES NOUVEAUX APPAREILS

INTÉGRATEURS ÉLECTRIQUES

DE SIR W. THOMSON

Sir William Thomson vient d'inventer un certain nombre d'appareils indicateurs de l'intensité des courants, et qui se distinguent à la fois par une grande originalité et par une ingéniosité cinématique des plus remarquables. Les trois appareils dont nous présentons la description aux lecteurs de *La Lumière Electrique* ont été choisis comme les plus intéressants.

INTÉGRATEUR GYROSCOPIQUE

L'intégrateur gyroscopique est représenté par les figures 1 à 4; il se compose essentiellement de trois parties.

Une bâti portant un compteur totaliseur ordinaire;

Un gyrostat totalisateur, dont l'axe peut s'incliner malgré l'action du courant à mesurer.

Un gyrostat régulateur, conservant aux deux premières parties de l'appareil un mouvement uniforme, et dont l'axe de rotation peut aussi s'incliner.

Le bâti *k* porte sur le disque *l* par la roulette du compteur *n* et peut tourner autour de l'arbre fixe *o*.

Le second bâti *r* repose sur le premier par une pointe *q*, fig. 2, et porte un disque très lourd *t* dont l'axe *u* peut pivoter comme un rayon autour du centre du plateau *l*. Ce gyrostat repose sur le plateau *l* par une roulette *v*, calée sur *u;* il peut osciller autour d'un axe passant par l'extrémité *s* de sa pointe d'appui sur *k* et par le point de contact de la roulette *v* et du plateau. — Cet axe est perpendiculaire à l'axe de rotation du disque *t*.

L'amplitude de ces oscillations est limitée par la barre *y*, fixée au bâti *k* et qui vient frotter, comme un frein, à la circonférence du disque *t*.

L'appareil régulateur est constitué par un second gyrostat dont le disque *r* est relié au bâti *k* par une pointe *a*, comme le premier. Ce disque porte sur un plateau *c* par une roulette *b* et peut osciller autour d'un axe passant par *a* et le contact de la roulette avec le plateau. Le plateau *c* est fixe; c'est le roulement de la roulette *b*, entraînée par *k*, qui fait tourner le disque *r*. Dès que l'on dépasse la vitesse de régime le volant *r* s'incline et vient frotter sur la couronne *d*.

Le courant dont on veut intégrer l'énergie agit en *g*, pour soulever l'arbre *p*, avec une force proportionnelle à son intensité, par l'intermédiaire d'un jeu d'électro-aimants facile à imaginer. L'arbre *p* étant relié par un collier *x*, au volant *t* du gy-

rostat ne peut se soulever qu'en forçant ce disque à s'incliner sur le plateau *l*.

Ceci compris, voici comment fonctionne l'appareil.

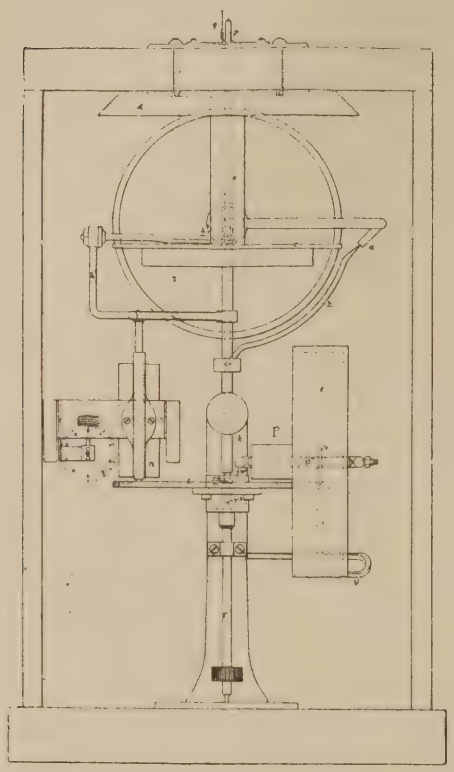


FIG. 1

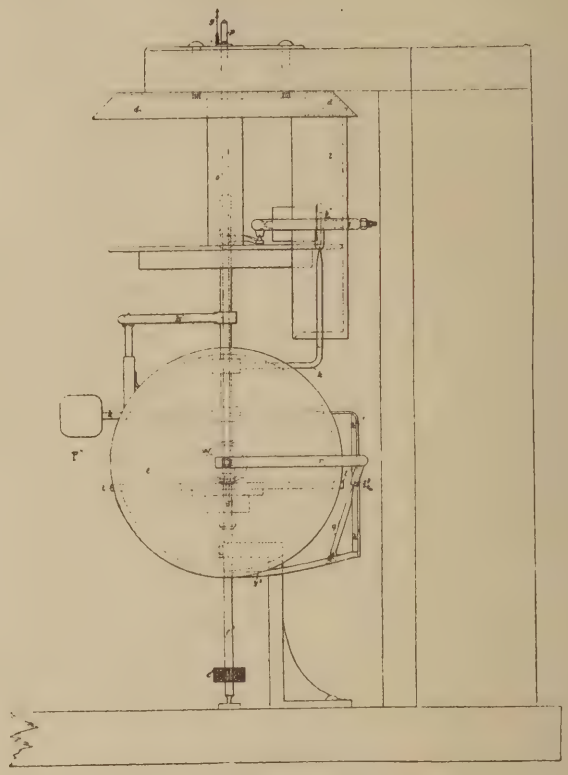


FIG. 2

A l'origine, l'arbre *f* mis en mouvement par la dynamo et solidaire du plateau *l* entraîne, par le frein *y*, tout l'appareil dans sa rotation.

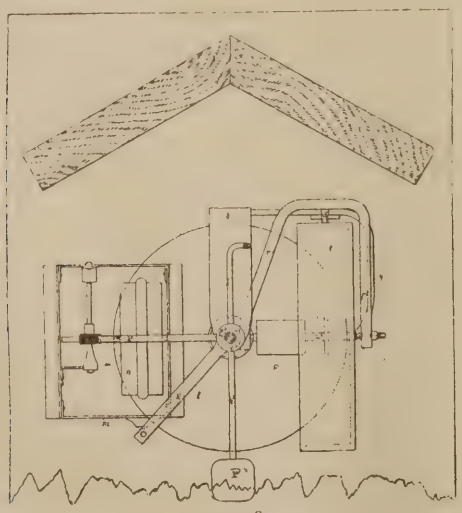


FIG. 3

Dès que le courant arrive en g_1, il supprime l'action du frein *y*, ce qui permet au plateau *l* de tourner plus vite que le bâti *k* et de glisser sous les roulettes *n* et *v* qu'il fait tourner autour de leurs axes respectifs.

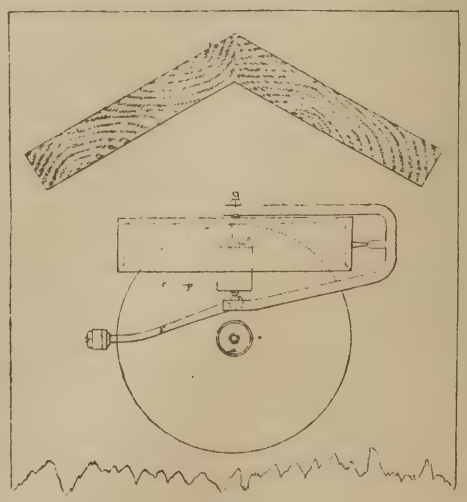


FIG. 4

La rotation du gyrostat autour de son axe *u* se compose alors, avec la rotation de l'ensemble de

l'appareil autour de l'arbre *f*, en une résultante qui tend à incliner le volant du gyrostat sur son plateau malgré l'antagonisme de la force électrique *g*.

Le gyrostat roule donc, à chaque instant, sur le plateau *l*, ou se déplace d'ensemble avec lui, suivant que la force électrique est supérieure ou égale à l'effort qui tend à incliner le gyrostat.

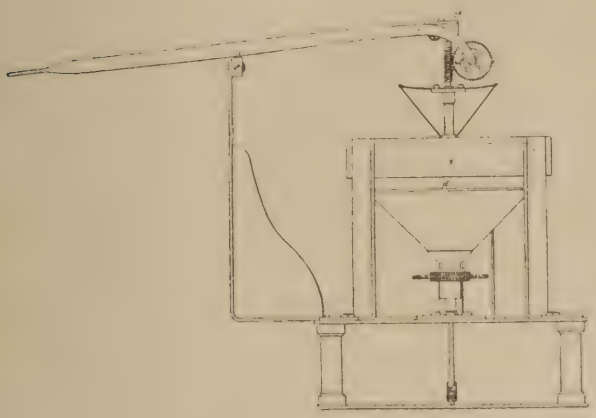


FIG. 5

Il en résulte que le nombre des tours accomplis par le volant *t*, par unité de temps, est proportionnel à l'intensité du courant qui a traversé, pendant ce temps, les aimants du système *g*, — cet e

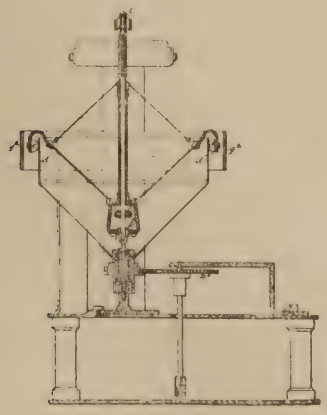


FIG. 6

intensité est donc donnée par le compteur *n*.

La sensibilité de l'appareil est réglée par des contrepoids P P′ et P″.

APPAREIL POUR LA MESURE DES COURANTS ALTERNATIFS

Le principe de cet appareil est le suivant (fig. 5 et 6). — L'extrémité *l* d'un levier actionné par les courants presse sur le haut d'une tige *j*, relié à un régulateur de Watt, disposé de manière que sa vitesse de rotation soit proportionnelle à la racine carrée de l'intensité des courants ou à sa valeur moyenne, quand l'intensité passe rapidement, comme dans les machines alternatives de zéro à ses valeurs maxima.

Les masses du régulateur à force centrifuge sont indiquées en *i*, elles appuient sur le contour *d* d'un anneau tournant qui les entraîne dans sa rotation, jusqu'à une certaine vitesse. Cette vitesse atteinte, les masses viennent, en s'écartant, porter sur un anneau fixe *g*, dont le frottement les empêche de s'écarter notablement de leur vitesse de départ.

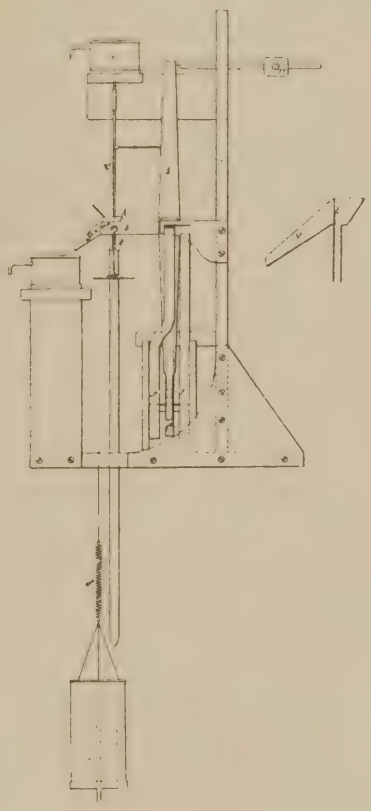


FIG. 7 ET 8

Cette vitesse est, comme on le sait, proportionnelle à la racine carrée de la pression exercée par *l* sur l'extrémité de la tige *j*, reliée par *p* au parallélogramme des masses.

Si donc la force exercée en *l*, est rendue par un moyen quelconque, proportionnelle aux carrés des intensités, la vitesse de l'axe *j* et de la roue *u* sera proportionnelle à la valeur moyenne de l'intensité des courants.

INTÉGRATEURS HYDRAULIQUES

Dans l'appareil représenté par les figures 7 et 8, le courant dont on veut mesurer l'intensité tra-

verse en sens contraire les bobines fixes *j* et la bobine mobile *i* qui agit, par son levier *b*, de manière à amener l'axe du petit tube *x* dans le prolongement de celui du tube *d* suspendu au bras horizontal de *b*. Quand le courant ne passe pas, l'eau qui s'écoule du réservoir à niveau constant *y* à travers le tube *r* tombe dans le déversoir *g*. Quand le courant passe, l'eau s'écoule au contraire dans le tube *d*, jusqu'à ce que le poids ou la charge de l'eau en *d* entraîne l'attirail *b* malgré l'action des électro-aimants. Or cette action est proportionnelle au carré de l'intensité du courant, et le volume d'eau qui s'écoule par unité de temps du tube *d* est proportionnel à la racine carrée de sa charge; il suffit donc de mesurer l'écoulement de l'eau

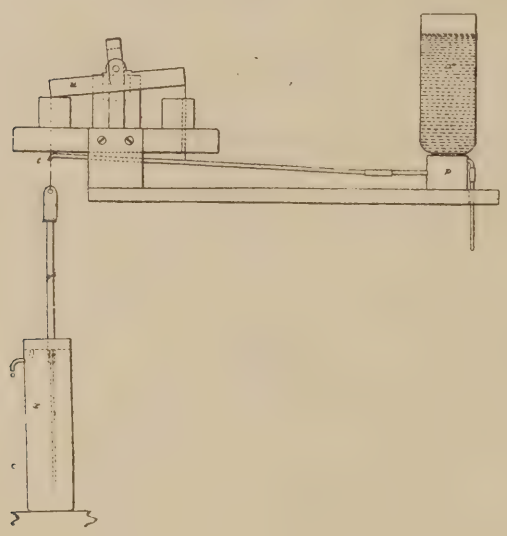


FIG. 9

avec les graduations de l'appareil pour connaître l'intensité moyenne du courant.

Dans l'appareil représenté par la fig. 9, le courant exerce, à l'aide du pendule électromagnétique *u*, une force proportionnelle à son intensité, sur le tube *x*.

En même temps qu'il soulève ce tube et augmente sa charge d'écoulement dans le récipient *a*, le pendule *u* abaisse le tube *t* alimenté par le niveau constant *p*. L'écoulement en *x* étant proportionnel à la charge en *v*, il suffit de mesurer sa vitesse pour avoir l'intensité du courant.

Les appareils que nous venons de décrire nous ont paru présenter, comme nous l'avons dit, un caractère d'ingéniosité très remarquable, mais on pourrait peut-être leur reprocher une complication et une délicatesse qui en rendraient la construction coûteuse ou le maniement difficile.

GUSTAVE RICHARD.

REVUE DES TRAVAUX
RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

La pile de MM. Holmes et Burke.

MM. Holmes et Burke viennent de construire une nouvelle pile destinée à des usages industriels.

Des expériences pour l'éclairage par lampes à incandescence ont été faites à Londres avec 15 éléments de la nouvelle pile groupés par 5, les vases avaient 45 centimètres de haut, 30 de long, et 25 de large. La force électromotrice d'un élément variait de 1 à 1,8 volts, la résistance intérieure était de 0,02 ohm, tous les éléments réunis fournissant ainsi une force de 27 volts, avec une résistance intérieure de 0,3 ohm; 18 lampes Swan de cinq bougies ont été alimentées.

La composition exacte de la pile n'est pas encore connue, nous savons seulement que c'est un élément zinc-charbon et que la solution, gardée secrète, se nomme oxydone. Si l'on doit en croire les inventeurs, l'entretien de la pile ne coûterait presque rien. On n'a dépensé que 60 centimes pour la solution de 9 éléments contenant presque 75 centimètres cubes qui alimentaient 6 lampes à 7 bougies, pendant 12 heures.

Malheureusement, nous n'avons aucune donnée sur l'usure du zinc pendant ces douze heures; nous pouvons pourtant remarquer que M. Holmes la calcule à 2,5 centimes par heure pour une lampe de 10 bougies, et qu'il espère encore diminuer cette somme de 40 o/o en utilisant le rebut.

Emploi du tourniquet électrique comme instrument de mesure, par M. Kæmpfer.

Tout le monde connaît le petit instrument que l'on appelle tourniquet électrique. Un fil de laiton, affilé et recourbé à angle droit à ses extrémités, est posé sur un pivot vertical; on le met en communication avec une machine électrique; il se met alors à tourner grâce à la réaction qui s'exerce entre l'air et les pointes d'où s'échappe l'électricité. M. Kæmpfer a pensé à faire du tourniquet électrique un instrument de mesure. A cet effet, au lieu de le poser sur un pivot, il le suspend à un fil de torsion en métal, au-dessus d'un cercle divisé destiné à donner la déviation.

Afin de graduer cet instrument, l'auteur le met en communication avec une machine de Holtz, laquelle est en même temps en relation avec un micromètre à étincelle. On connaît donc à la fois la déviation du tourniquet, et la distance explosive, par conséquent, le potentiel de la machine. On constate ainsi que la déviation du tourniquet est à peu près proportionnelle au carré du potentiel

électrique. Les indications de l'appareil ne sont pas très concluantes pour une valeur constante du potentiel électrique, la déviation du tourniquet varie ainsi d'une quantité égale à $\frac{1}{6}$ environ de sa valeur moyenne.

Une expérience sur la pile thermo-électrique, par le professeur Von Waltenhofen.

Si on envoie pendant quelques moments le courant d'une pile voltaïque à travers un des générateurs thermo-électriques de Noe, il deviendra capable de fournir une décharge comme une pile secondaire. Cet effet, dit le journal *Nature*, n'est qu'une répétition de l'expérience bien connue de Peltier, provoquéee par le changement de température à la jonction, qu'on nomme l'effet Peltier; mais M. Von Waltenhofen a observé que les effets sont différents selon le sens du courant de charge. Dans un cas, avec des courants de charge augmentés, les courants de décharge étaient également augmentés, mais toujours dans le sens contraire du courant de charge. Mais en renversant le courant de charge il observait qu'en augmentant les courants de charge, les courants de décharge augmentaient au commencement et arrivaient à un maximum pour descendre à zéro, et ensuite recommencer dans le sens contraire, c'est-à-dire dans le même sens, cette fois, que le courant de charge. M. le professeur Von Waltenhofen attribue ce résultat étrange au défaut de symétrie dans les soudures alternatives des générateurs et à leur résistance alternative inégale qui donnent lieu tour à tour à des développements inégaux de chaleur causée par la résistance.

Note sur le mode d'action des paratonnerres du système de M. Melsens, par M. H. Valerius (1).

Le foudroiement des corps a lieu d'ordinaire par des éclairs simples et quelquefois par des éclairs divisés en plusieurs branches à leur partie inférieure.

Dans le premier cas, le corps foudroyé n'est frappé qu'en un seul de ses points, qui est généralement celui qui se trouve le plus rapproché du nuage électrisé. Dans le second cas, le corps est atteint en plusieurs points à la fois.

Mais, au lieu d'agir par traits de feu séparés, la foudre peut aussi frapper les corps sur une étendue plus ou moins grande de leur surface, en laissant des traces de son passage sur tous les points de la surface atteinte. Ce troisième mode d'action de la foudre a été, je crois, signalé pour la première fois par M. le professenr Daniel Colladon, qui le désigne sous le nom de *foudroiement par nappe ou par aigrette* (voir le remarquable mémoire de M. Colladon relatif aux effets de la foudre sur les arbres et les plantes ligneuses, page 54, Genève, 1872 (1).

A l'appui de sa manière de voir, M. Colladon cite, entre autres, les faits qu'il a observés sur une vigne, près de Nyon, dans le canton de Vaud, vigne qui avait été foudroyée en 1868, au mois de juillet. Cette vigne a été frappée sur une étendue circulaire d'environ 15 mètres de diamètre. Ce n'est pas là, dit-il, l'effet d'un éclair divisé en quelques branches, mais celui d'un coup électrique qui, en foudroyant la surface végétative, s'est réparti sur plusieurs milliers de feuilles et sur 324 ceps qui tous, individuellement, ont participé à la décharge. L'étincelle primitive s'est donc transformée près du sol en une aigrette gigantesque, une espèce de *nappe foudroyante*, couvrant une étendue d'environ 170 mètres carrés, dans laquelle on ne reconnaît ni ondulations, ni zones, ni anneaux concentriques, ni plusieurs centres d'action distincts, mais un seul centre d'énergie et un décroissement graduel d'action depuis ce centre jusqu'à la circonférence très nettement accusée.

La foudre peut donc frapper les corps par *éclair simple*, par *éclair ramifié* ou par *aigrette* ou *nappe*.

Le premier mode d'action se produit lorsque le corps qui se trouve sous l'influence d'un nuage orageux présente un point de tension maximum; le second, lorsqu'il en présente plusieurs à des distances plus ou moins grandes les unes des autres; enfin, le troisième, lorsqu'il présente sur tous les points d'une portion de sa surface tournée vers le nuage électrisé, une tension maximum, la même sur tous ces points. Ce troisième cas était réalisé pour la vigne citée plus haut, parce que, conformément à l'usage adopté dans le canton de Vaud, elle était cultivée de manière que toutes les têtes des rameaux, maintenus par des échalas, fussent à la même hauteur.

Les considérations qui précèdent me paraissent directement applicables à la théorie des paratonnerres.

Dans les paratonnerres ordinaires, on cherche à produire au-dessus du bâtiment à protéger, au moyen de tiges conductrices, un ou plusieurs points de tension maximum, afin de provoquer en ces points, convenablement espacés, la chute d'éclairs simples. Mais ce système n'est pas toujours efficace, parce que la foudre tombe quelquefois sur les parties latérales des bâtiments et même sur des

(1) Extrait du Bulletin de l'Académie royale de Belgique.

(1) Ce travail a paru dans les *Mémoires de la Société de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, t. XXIe, 2e partie, 1872.

points situés entre les paratonnerres, quand ceux-ci sont mal distribués, mal construits ou trop espacés les uns des autres.

Le système de paratonnerres imaginé par notre savant collègue M. Melsens se distingue du système ordinaire par la multiplicité des tiges conductrices et par le mode de liaison établi entre elles. Cette multiplicité des tiges me semble avoir pour effet de constituer tous les points de la surface supérieure des bâtiments sensiblement dans le même état de tension électrique. De cette façon, la chute de la foudre par étincelles isolées est rendue impossible et l'on n'a plus à craindre que les dégâts qui pourraient être occasionnés, pendant les orages, par des aigrettes ou des nappes foudroyantes. Mais ces effets sont nuls ou insignifiants dans le cas de bâtiments armés comme nous venons de le dire, parce que, dans les décharges par aigrette, le fluide électrique se répartit entre toutes les tiges du système, et, par suite, devient inoffensif pour chacune d'elles en particulier, aussi bien que pour les bâtiments qu'elles sont destinées à protéger (1).

Je m'étais depuis longtemps formé cette manière de voir sur le mode d'action des paratonnerres de M. Melsens, mais je manquais de faits pour la rendre plausible. Le mémoire de M. Colladon, dont j'ai eu récemment connaissance, vient de me les fournir. C'est pourquoi je me suis décidé à la publier maintenant. M. Melsens, en construisant ses paratonnerres, a sans doute été dirigé par les mêmes idées, mais, que je sache, il ne les a jamais formulées dans ses écrits.

Je ne saurais terminer cette note sans adresser à M. Colladon mes plus vifs remerciements pour l'extrême obligeance avec laquelle il a bien voulu mettre son travail à ma disposition.

Observations relatives au mode d'observation des courants telluriques, à propos d'une Communication récente de M. Blavier; par M. F. Larroque (2).

« A diverses reprises, on a cherché à étudier les courants telluriques par le système des dérivations, en utilisant des lignes télégraphiques. Je demande la permission de signaler de nouveau quelques-unes des causes d'erreur que présentent ces sortes de recherches (1).

« Admettant que la Terre est sillonnée de courants, il était tout naturel qu'on pensât à établir des dérivations sur ces courants, pour en reconnaître l'orientation et l'intensité. On procéda donc comme s'il se fût agi d'établir une dérivation sur un courant de pile.

« En réalité, sur la surface terrestre, les choses sont loin d'être aussi simples. Sans doute, il est presque indubitable que la terre est sillonnée de courants, mais il est non moins certain que notre globe manifeste, en tous les point de sa surface, des charges statiques : le potentiel tellurique varie incessamment, change de signe, par zones plus ou moins étendues. Il résulte de cet état de choses qu'un fil conducteur, mis en relation par ses deux extrémités avec la Terre, sera parcouru par un courant qui peut aussi bien provenir de la mise en relation de deux zones de potentiels contraires, que la dérivation du courant tellurique.

« Les contacts établis à chaque extrémité de la dérivation constituent encore une cause d'erreur. Il suffit, pour s'en convaincre, de faire les expériences suivantes : on prend deux vases de verre, dans lesquels on introduit des terres de diverses natures, légèrement imbibées d'eau; un siphon relie les contenus des deux vases; un fil de platine, dont les deux bouts sont implantés dans les terres, forme les électrodes et le circuit : on a ainsi une véritable pile. Si les deux vases contiennent de la même terre, il suffit de chauffer l'un d'eux pour obtenir un courant; si les deux vases contiennent des terres de nature différente, on obtient un courant dont l'intensité et le sens dépendent de la composition et de la température relative des terres.

« Il importe donc, si l'on veut employer la méthode de dérivation, d'éliminer l'action relative aux deux contacts telluriques, action variable selon leurs températures, et, pour cela, il faut la déterminer par l'expérience. Il importe aussi de connaître, à chaque instant, le potentiel statique du sol aux deux contacts.

« L'induction électrostatique de la terre sur le fil vient encore troubler les indications.

« Quant à l'intensité des courants, il faut observer qu'elle dépend, dans une assez large mesure, de la résistance du sol, et que, par suite, ses variations accidentelles, diurnes et mensuelles, sont liées à la température et au degré d'humidité du sol.

« Les lignes télégraphiques aériennes, à fil nu, ne se prêtent pas à l'étude des courant telluriques, parce qu'il s'y produit, ainsi que l'a démontré

(1) D'après M. A. Wauters, l'archiviste communal, l'Hôtel de ville de Bruxelles ne paraît jamais avoir été frappé de la foudre avant le XIXe siècle. M. le professeur Melsens attribue cette immunité aux tiges métalliques saillantes qui se trouvaient anciennement sur les tourelles de ce monument. Son explication me paraît fondée, mais il ne la justifie pas suffisamment. En effet, il invoque le mode de foudroiement par nappe admis par M. Colladon; seulement il ne dit pas pourquoi ce mode, effectivement inoffensif en général, devait se produire plutôt que le foudroiement par étincelles isolées. (Voir l'important mémoire de M. Melsens *Sur les paratonnerres à pointes, à conducteurs et à raccordements terrestres multiples*, Bruxelles, p. 8, § 6.)

(2) Note présentée à l'Académie des Sciences dans la séance du 10 décembre 1883.

(1) *Voir* mon Mémoire *Contributions à l'étude des orages*, présenté pour le Concours Bordin, 1883.

M. du Moncel, des courants accidentels, dus aux actions magnétiques, thermo-électriques et hydro-électriques exercées sur le fil. Il est absolument nécessaire que la ligne soit formée d'un fil très peu résistant, non magnétique, bien isolé et absolument abrité de l'humidité. »

La condensation de la vapeur d'eau est-elle une source d'électricité? par S. Kalischer (1).

La question traitée de nouveau par M. Kalischer a, comme l'on sait, une grande importance pour la physique générale du globe. L'origine de l'électricité atmosphérique est encore inconnue, et beaucoup de physiciens ont cherché si la production ou la condensation de la vapeur d'eau ne serait pas la source de cette électricité. Bennett produisait de la vapeur en projetant de l'eau sur des charbons ardents, Gratthin en laissant tomber de l'eau dans des vases fortement chauffés, Volta et M. Palmieri ont employé l'eau bouillante. L'électricité dégagée dans ces circonstances peut être due au frottement de gouttelettes ou de vésicules d'eau entraînées. Saussure et Reich ont condensé de l'eau, ont condensé de la vapeur d'eau en évitant tout frottement, et ils n'ont constaté aucun dégagement d'électricité.

M. Kalischer a repris les mêmes recherches avec des instruments plus modernes et plus sensibles. Il produit la condensation de la vapeur d'eau en disposant sur un tabouret isolant douze vases de verre tapissés de papier d'étain et remplis de glace : la vapeur d'eau contenue dans l'air vient se condenser sur ces vases froids, et elle ne tarde pas à ruisseler à leur surface. Le système des douze vases est mis en communication avec une des paires de quadrants de l'électromètre Thomson, tandis que l'autre paire est en communication avec le sol. Le système des douze vases est protégé contre les influences électriques fortuites par une cage métallique qui était à jour, afin de permettre la circulation de l'air atmosphérique.

Dans ces conditions, M. Kalischer n'a pu observer aucun dégagement d'électricité, même en prolongeant l'expérience. Il s'est assuré d'ailleurs que l'isolement des diverses parties de l'appareil était et restait parfait. La condensation de la vapeur ne dégage donc pas d'électricité, d'après l'auteur.

La seule circonstance qui diminue la netteté de expérience, c'est que pendant toute sa durée l'aiguille de l'électomètre, au lieu de rester au zéro, va et vient irrégulièrement. En faisant des expériences analogues, M. Freeman (2) a constaté de même que l'aiguille de l'électromètre Thomson ne restait pas cinq minutes de suite au zéro. Seulement d'après M. Kalischer, ces déviations irrégulières se présentant également quand on ne met pas de glace dans les vases, et que par suite on évite la condensation ; et l'introduction de la glace dans les vases isolés ne modifie pas le caractère de ces déviations irrégulières.

(1) *Annales de Wiedemann*, n° 12. — 1883.
(2) Voir *Philosophical Magazine*, p. 400. — 1882.

Sur la relation entre la résistance électrique des liquides et leur coefficient de frottement intérieur, par E. Wiedemann (1).

M. G. Wiedemann a remarqué que plus un liquide est visqueux, plus la résistance qu'il oppose au passage du courant électrique est considérable. On a même avancé quelquefois que les coefficients de frottement intérieur et la résistance spécifique doivent être proportionnels l'un à l'autre ; on s'appuyait pour cela sur une idée théorique. Le passage du courant électrique implique une électrolyse, et par suite un déplacement relatif des éléments : or plus le liquide est visqueux, plus ce déplacement relatif exige de force. En un mot la résistance électrique d'un liquide n'est autre chose que la viscosité, en tant que cette viscosité s'oppose à l'électrolyse.

Afin de vérifier cette conception théorique, M. Eilhardt Wiedemann a exécuté une série de mesures de la manière suivante. Il a fait dissoudre du sulfate de zinc d'une part dans de l'eau, d'autre part dans de la glycérine aqueuse, de façon à obtenir deux séries de dissolutions qui ne diffèrent que par la nature du dissolvant. Il compare entre elles deux dissolutions correspondantes, c'est-à-dire contenant les mêmes quantités de zinc par litre, et il mesure d'une part le rapport de leurs résistances électriques, d'autre part le rapport de leurs coefficients de frottement. Or ces deux rapports sont loin d'être égaux ; ils diffèrent dans certains cas du simple au quintuple. Il n'y a donc pas proportionnalité entre la résistance électrique spécifique et le coefficient de frottement. Ces deux grandeurs varient seulement en général dans le même sens.

La comparaison des résistances électriques a été faite par la méthode du pont de Wheatstone ; la comparaison des coefficients de frottement a été faite au moyen de l'appareil de Sprung (2) analogue à celui de Poizenille.

Le fusil électrique de M. Petronel.

M. Petronel écrit à la date du 7 janvier à l'*Electrical Review* de Londres pour donner une description de son fusil électrique qu'il considère

(1) *Annales de Wiedemann*, n° 11, 1883.
(2) *Annales de Pogg*, 1876.

plus simple et partant meilleur que celui de M. Pieper. Ma cartouche, dit M. Petronel, était d'une construction un peu plus simple que celle de M. Pieper, puisque le fil de platine était arrangé derrière la chambre à poudre de sorte que la poudre prend feu au même endroit que dans une cartouche ordinaire d'un fusil à broche ou à percussion centrale. Au lieu d'employer un accumulateur comme source d'électricité, M. Petronel a voulu avoir une pile au bichromate placée dans la monture du fusil de telle manière que le liquide de la pile ne viendrait pas en contact avec les électrodes quand le fusil serait porté sous le bras ou tenu avec la boucle en bas. Quand le fusil serait levé à l'épaule la pile fonctionnerait. M. Petronel ne voit aucune difficulté sérieuse à l'emploi de l'électricité pour les armes à feu qui, d'après lui, éviterait le mécanisme coûteux d'aujourd'hui et pourrait diminuer de beaucoup les risques d'explosion accidentelle.

CORRESPONDANCE

Monsieur le Directeur,

Comme suite aux articles publiés par M. G. Richard dans les derniers numéros de *La Lumière Electrique*, je crois intéressant de citer une expérience, déjà vieille, faite il y a un an à Marseille, mais qui, dans les circonstances actuelles, a quelque actualité. Il s'agissait d'enflammer électriquement, non des torpilles, mais un canon placé sur l'éminence de Notre-Dame de la Garde, de façon à transmettre le midi du lieu à toute la ville. Les essais se firent, sans préparatif aucun, dans l'ordre suivant : ils étaient dirigés à la station principale A (gare des voyageurs), par le directeur de l'Observatoire et le directeur-ingénieur des télégraphes, et à la station secondaire B par le contrôleur des télégraphes et un membre de la Faculté des sciences, assistés du personnel nécessaire. La distance était de 2 420 mètres en fil aérien de 4^{mm}, offrant une résistance d'environ 250 ohms. Cette ligne, longeant la mer, est suffisamment mauvaise pour faire d'autant mieux valoir les résultats d'une expérience. La ligne fut d'abord essayée télégraphiquement. Un appareil Morse permettait un échange de communications. Le poste central A utilisait un « coup de poing » magnétique de Bréguet. Les montres réglées, on procéda aux essais à intervalles convenus :

1° Deux fils aériens (aller et retour, R = 500 ohms) furent coupés à une guérite spéciale et reliés, l'un à l'entrée, l'autre à la sortie d'une amorce dite « suédoise » pour mines et torpilles. Le « coup de poing » était relié de même.

2° Une amorce fut intercalée à la station principale A, l'autre à la station secondaire B.

3° Une amorce fut placée seule à l'extrémité du fil de retour à la station principale A, les deux fils étant tordus simplement ensemble en B.

4° Le fil de retour fut supprimé et la terre prise des deux côtés. L'amorce fut alors placée en B.

5° Une amorce fut intercalée au départ en A et à l'arrivée en B.

Dans tous les cas, et de quelque manière que l'on disposât les essais, avec fil de retour ou terre, avec embrochage des amorces ou non, les résultats ont été excellents.

En raison des facilités que donnerait en cas de retraite militaire, véritable ou feinte, une simple ligne aérienne coupée au point voulu et reliée par un fil recouvert de gutta, à une mine de pont, de route, de gué, de passage à niveau, de pont sur chemin de fer, etc., la terre directe remplaçant le fil de retour, j'ai cru bon de relater avec précision l'ensemble de ces essais, tentés dans un autre ordre d'idées, il est vrai, mais qui ont réussi dans des conditions exceptionnelles de simplicité, sans préparation. Même en négligeant la question de résistance, il faut toujours se méfier des fils de retour qui ne sont pas un des moindres obstacles, une des moindres causes d'embarras, de dépenses dans de nombreuses applications d'électricité.

P. Marcillac,
Télégraphiste.

FAITS DIVERS

A l'Exposition Internationale de Nice c'est dans l'annexe du Midi que se trouvent les appareils producteurs de l'électricité éclairante. On voit d'immenses générateurs fournis par la maison Chevalier et Grenier, chantiers du Rhône à Lyon. Une machine de vingt-cinq chevaux à double cylindre de la maison Heusse et Bernard de Lyon met en mouvement tout le système qui fournit la lumière aux quinze cents lampes Edison servant à éclairer le Palais de l'Exposition et ses dépendances.

Une nouvelle application de l'électricité vient d'être brevetée à Londres. C'est un système de tannage par l'électricité. Ce système consiste à suspendre les peaux dans un bain de tannin que traverse un courant électrique. L'hydrogène dégagé par le courant agit sur le cuir et détruit les matières azotées. Ce traitement dure huit jours au bout desquels on remplace la solution de tannin par une autre solution plus concentrée, et on change le sens du courant en renversant le pôle des électrodes. L'oxygène agit alors sur le liquide, oxyde le tannin et entraîne la précipitation de ce dernier dans les cellules formées par la gélatine et la fibrine de la peau.

Vendredi, le 4 janvier, une députation a présenté au Lord Mayor de Londres une pétition signée de 160 personnes influentes, dont 51 membres de la Corporation, lui demandant de convoquer le plus tôt possible un meeting public pour discuter la nature du projet de chemin de fer électrique qui doit traverser Londres, ainsi que les raisons qu'il y aurait pour s'opposer à sa construction, en raison du grand dommage qu'en souffrirait un grand nombre d'habitants de quelques-unes des principales rues de la cité. Le Lord Mayor a consenti avec empressement, disant qu'il ne croyait pas à la nécessité de ce chemin de fer, et que sa construction ferait beaucoup de tort aux maisons et aux rues dans lesquelles il passerait. Selon le désir de la députation, aucune date n'a été prise pour le meeting, qui ne deviendrait plus nécessaire du moment que les promoteurs abandonneraient le projet en omettant de déposer le cautionnement exigé par ordre du Parlement.

M. Sauer a résolu le problème de la transformation de la lumière en électricité à l'aide d'une pile actionnée par les rayons solaires.

Éclairage électrique

A Cannes, le boulevard du Cannet continue à être éclairé avec des foyers Brush, au nombre de trente-huit. A partir du mois d'avril prochain, cet éclairage doit être étendu au boulevard circulaire récemment percé au Cannet depuis

l'hôtel de la Grande-Bretagne jusqu'aux Ardissons et à la rue des Orangers.

La lumière électrique a fait son apparition à Nantes, où la fabrique de savon de MM. Serpette, Lourmand, Larrey et Ce est éclairée avec une lampe à arc Serrin et 40 lampes Swan, celle de M. Moreau par une lampe Serrin, enfin les ateliers de M. Lotz ont 5 lampes Swan, et la Société des Chantiers et Ateliers de la Loire a dix-huit lampes à arc Gramme, 2 régulateurs Serrin et 115 lampes Swan.

A Saint-Josse-sur-Noode, un des faubourgs de Bruxelles, la Compagnie générale d'Electricité vient de faire sa première installation centrale de lumière électrique. Une machine à vapeur de 50 chevaux produit l'électricité pour les lampes de l'établissement même, pour 25 lampes éclairant les ateliers de construction de M. Van Acker, pour 53 lampes du Café des Boulevards et 35 du Café Vénitien. On s'occupe activement de l'installation de 65 lampes aux bureaux de la gare du Nord. La lumière est fournie par la Compagnie au prix que coûterait aux consommateurs le même nombre de becs de gaz. C'est la lampe Edison qui a été adoptée pour toutes les installations.

Depuis six mois, la lampe-soleil sert à éclairer plusieurs galeries dans le Kensington Museum, à Londres, avec un résultat si satisfaisant qu'un contrat de deux ans a été fait avec l'administration au prix du gaz; mais la lumière donnée dépasse de beaucoup l'ancien éclairage au gaz. Quarante lampes sont employées, chaque lampe remplaçant cinquante-quatre becs de gaz. La lumière peut être projetée en haut ou en bas, à volonté, et dans la bibliothèque de Forster la lampe est tournée en haut, de sorte que la lumière est rejetée d'un plafond blanc, le grand avantage étant d'éviter toute ombre sur le livre qu'on tient en main. Le succès de la lampe-soleil à Kensington a naturellement fait penser à ce système pour l'éclairage de l'Egyptian Hall, une des plus grandes salles de Londres, ainsi que pour le grand salon de Mansion House, et le Lord Mayor s'est rendu à Kensington avec les aldermen, jeudi dernier, pour inspecter l'installation, qui a produit la meilleure impression sur ces messieurs.

Des expériences d'éclairage électrique d'un train par une combinaison de machines dynamos et d'accumulateurs ont été faites dernièrement sur le chemin de fer de London Brighton and South Coast avec beaucoup de succès. Trente lampes à incandescence de 20 bougies étaient alimentées par des machines dynamos communiquant par une courroie avec l'axe d'une des roues. Le système est une invention de MM. Stroudley et Hougton, de Brighton. Une autre expérience a eu le même résultat heureux sur le District Railway, où M. W.-H. Massey a éclairé un train de cinq voitures par une machine Compdound Siemens de 120 lampes, actionnée par un moteur de 7 chevaux de M. Urlans.

A Chester (Angleterre), le New Royalty Theatre a un éclairage de trois foyers à arc du système Brush.

A Lincoln (Angleterre), les fabriques Robey et Ce ont un éclairage électrique, comprenant quarante lampes Brush.

L'Electrician dit qu'à l'occasion du jour de Noël, la crèche de l'église catholique de Bournemouth était ornée d'une lampe électrique placée dans les rochers. La lampe avait l'air d'une étoile et illuminait l'intérieur de la cave d'une lumière fort intense et d'un grand effet. L'installation a été faite sous la surveillance de M. S. Bruce, du collège d'Exeter, à Oxford.

L'Hammond Electric Light Compagnie vient de finir l'installation des lampes à incandescence dans deux théâtres de Birmingham. On se sert de dynamos Ferranti qui fournissent le courant pour des lampes Swan de 123 volts, qui donnent ici près de 25 bougies. Les lampes dans la salle et sur la scène sont facilement réglées du trou du souffleur, et on trouve l'éclairage bien supérieur au gaz, de même que la ventilation se fait beaucoup mieux, l'air étant frais même, quand la salle est pleine. *L'Electrician*, auquel nous empruntons cette note, promet de donner de plus amples détails sur cette installation.

La semaine dernière, à l'occasion de l'ouverture du musée de la Société des sciences naturelles de Porthshire l'édifice a été éclairé avec des lampes à incandescence Swan, et une lampe à parc Siemens de 300 bougies était lacée au coin des rues Canal et Tay. Toute l'installation était faite par la Northern Electric Light Company de Dundee, sous la surveillance de son directeur, M. Loring.

Une installation d'éclairage électrique a été faite dernièrement à l'occasion d'une fête au château de M. Ellis Lever Culcheth Hall, Bowdon dans le comté de Chester. Les portes d'entrée du château et celle du Hall étaient illuminées à l'aide de lampes à arc Lever, de l'invention de M. Charles Lever, fils de M. Ellis Lever, tandis qu'à l'intérieur brûlaient des lampes à incandescence du système Swan. Le courant était fourni par une machine dynamo Gramme et Bürgin actionnée par un moteur Marshall.

Nous apprenons que la lumière électrique a été introduite à Halifax sur une grande échelle. 26 lampes Hochhausen ont été placées dans onze boutiques de la partie principale de la ville ; chaque lampe est de 2000 bougies nominales alimentées par une machine dynamo Hochhausen placée à la fabrique de MM. Edmunds et Ce, le circuit étant de plus d'un mille de longueur. Tout le monde, consommateurs comme le public général, est enchanté de l'installation qui est fort complète. De plus, une partie de la fabrique M. Balhurin est éclairée depuis quelque temps avec 5 lampes Hochhausen, et 96 lampes à incandescence.

Les entrepreneurs du nouveau dock de Silloth, MM. Walter Scott et Ce ont dernièrement adopté la lumière électrique afin de pouvoir continuer le travail la nuit comme le jour. On a décidé d'employer quelques lampes à arc fort puissantes plutôt qu'un grand nombre de petites, et le résultat a démontré qu'on a eu raison. Le dock est maintenant brillamment éclairé par deux lampes de 6000 bougies chaque, suspendues à un poteau à une assez grande hauteur au-dessus du fond du dock dans des lanternes carrées pourvues de réflecteurs.

Chaque lampe est alimentée par une machine dynamo spéciale du type Siemens qui est actionnée directement des volants d'une machine portable qui sert dans la journée à faire marcher une scie circulaire. L'économie et l'absence totale de danger rendent ce système préférable à tout autre pour des travaux de cette sorte, et l'éclairage obtenu permet de continuer l'excavation la nuit avec la même facilité que le jour.

L'Electro-Tehnicker nous donne des détails suivants sur l'installation de la lumière électrique au théâtre national de Prague faite par la Société électrique Edison, à Paris.

Trois chaudières sont affectées à l'éclairage avec dix machines dynamo, dont les sept alimentent toutes les lampes

à incandescence Edison, et deux autres servent pour deux puissantes lampes à arc placées sur la scène. La dernière sert pour l'éclairage de la scène pendant les répétitions ; elle est actionnée indépendamment des autres par un petit moteur qui, le soir, met en mouvement le grand ventilateur. L'arrangement des machines est tel que 2 chaudières et 5 machines dynamos suffisent amplement aux besoins de tous les jours, de sorte que les autres machines qu'on peut à volonté intercaler ou faire sortir du circuit pendant la marche forment la réserve. Des 2 510 lampes à incandescence, 1 200 servent à l'éclairage de la scène, et peuvent donner une lumière blanche, rouge ou bleue, comme on veut ; 500 lampes éclairent la salle et 300 les dépendances. Pour les représentations de gala, la salle est, en outre, pourvue d'un lustre à très grand effet avec 230 lampes; 130 sont placées en avant des différentes galeries, et 150 forment une couronne en haut sous le plafond. Par un régulateur général placé sur la scène, la lumière peut être non seulement réglée et modulée dans tous les sens sur la scène comme dans la salle, mais on peut encore allumer ou éteindre à volonté les groupes de lampes isolées.

L'agent, pour la Russie, de MM. Crompton et Cᵉ vient de faire installer la lumière électrique dans la fabrique de la Samara Suhar Estate and Refining Compagnie, à Timachevo, dansla Tartarie. L'installation comprend trois machines Birgin C. (dont une en réserve), alimentant 84 lampes Swan de 20 bougies ; 42 lampes sont placées dans la fabrique même, les autres 42 sont installées dans les dépendances. Les machines sont actionnées par une turbine de 50 chevaux, qui sert également pour un moulin et pour les gros outils. Tout le travail a dû être fait à Timachevo, et on n'a envoyé que les machines, les lampes et le fil. Les Russes ne montrent, selon leur habitude, que peu de surprise, mais la lumière a produit un effet très grand sur les Tartares, qui n'y comprennent rien du tout.

La lumière électrique va être introduite à Yokohama prochainement.

Aux Etats-Unis, une filature d'Olneyville, Rhode Island est depuis quelque temps éclairée à l'électricité. Il y a cent soixante-sept lampes à incandescence du système Maxim, qu'alimentent des machines dynamo-électriques Weston actionnées par une machine Corliss d'une force de vingt-trois chevaux.

Télégraphie et Téléphonie

A la fin de l'année 1882, la longueur des lignes télégraphiques, en Allemagne, était de 63,284 kilomètres contre 61,656 en 1881, dont 5,471 kilomètres étaient sous terre. La longueur du fil employé était de 222,101 kilomètres, dont 27,421 sous terre. Le personnel se compose de 3,178 membres Le nombre total d'appareils en usage était 11,518, et le nombre de dépêches transmises 16,227,058, dont la plus grande partie était destinée à l'Autriche-Hongrie (472,908) et à l'Angleterre (825,662).

Un correspondant qui a visité la fabrique de MM. Siemens frères, à Wolwich, donne les détails suivants sur le câble Bennett-Mackay, qui s'y construit actuellement, et dont il fait le plus grand éloge. Pour le moment, on en fait de 25 à 30 milles par jour; plus tard, on arrivera à 40 ou 50. Le câble sera fini au milieu de l'été et placé en mer par le *Faraday*. Le noyau se fait dans un local spécial; il n'est plus composé, comme autrefois, d'un gros fil de laiton; aujourd'hui, ce fil est entouré de dix autres induits de gutta-percha et tressés ensemble par machine. Le poids du conducteur, ainsi formé, est de 350 livres par mille nautique, et sa composition fait époque dans la fabrication de câbles, et marque le plus haut degré de perfection atteint jusqu'ici dans cette industrie. La couverture de gutta-percha, qui est adaptée aux fils par une opération fort délicate, constitue un autre perfectionnement du nouveau câble. Avant de l'entourer d'une couche de fil d'acier galvanisé, de nombreuses expériences constatent la parfaite imperméabilité de cette couverture. Deux couches de canevas et trois couches d'une composition spéciale finissent la partie du câble, qui reposera en pleine mer, et qui descend alors lentement à travers le toit dans des réservoirs de 15 pieds de profondeur et de 21 pieds de diamètre. Dès que le galvanomètre montre la plus petite déviation, tout le travail est recommencé, et la faute est immédiatement réparée. Les bouts près de la terre sont de beaucoup plus épais, mais la partie en pleine mer est une combinaison des plus heureuses de légèreté et de force.

A Cannes, de même qu'à Nice, le réseau téléphonique projeté l'année dernière n'est pas encore établi pour le service public par l'administration des postes et des télégraphes, bien que les adhésions soient assez nombreuses. Parmi les personnes qui se sont fait inscrire comme abonnées au réseau téléphonique de Cannes, on remarque le comte de Paris, le Cercle nautique, le consul des États-Unis d'Amérique, le duc de Vallombrosa, la baronne de Rothschild, les carrossiers Delpiano, la Compagnie du gaz, les hôtels Windsor, du prince de Galles, Gray et d'Albion, Central, des Anglais, Bellevue, Beau Site, du Pavillon, Beau-Séjour, Saint-Charles, Splendide, Montfleury, Continental, de la Grande-Bretagne, des Pins, de Provence, ainsi que plusieurs établissements privés et magasins. Déjà, un fil téléphonique spécial existe à Cannes pour le service d'un particulier, M. Gillette.

L'American Artisan publie une lettre de M. le général S.-M. Stout, commissaire des brevets américains, au sujet du procès intenté à la American Bell Telephone Cᵉ par MM. Edison, Gray, Mac Donough et d'autres. Selon le général, ce procès a pris de telles proportions qu'il pourrait bien durer pendant trois ou quatre ans, et au bout de ce temps être finalement transféré devant une plus haute juridiction. Entre temps, la Compagnie Bell a commencé des poursuites en contrefaçon dont plusieurs ont abouti en leur faveur, sans pourtant avoir été portées devant la Cour suprême, la seule compétente à prononcer définitivement. La politique de la Compagnie, dit M. Stout, semble être de s'arranger à l'amiable, avant ou après procès, avec ses adversaires les plus formidables et de se procurer autant de jugements favorables que possible par les tribunaux de première instance, afin d'exercer ainsi une pression en sa fvaeur sur la Cour suprême. La conclusion du général est que Bell n'a pas été le premier à envoyer des signaux d'une grande distance par un courant électrique, puisque cela a déjà été fait par Morse. Il n'a pas même été le premier à transmettre la voix par un tel courant, car l'honneur en appartient à Philippe Reis. Toute l'invention de Bell se bornerait alors à une certaine manière d'envoyer des courants ondulatoires, ce qui a également été fait par d'autres moyens par MM. Fiteh-Berliner, etc., avec un résultat aussi satisfaisant.

La décision déjà donnée était, comme nous l'avons dit dernièrement, en faveur de M. Donough sur des points d'une très grande importance pour établir ses droits au brevet téléphonique. Appel a été interjeté par Bell, Edison, Gray, Voelker et Irwin, et les examinateurs en chef des brevets ont passé la semaine dernière à entendre l'avocat de ces messieurs.

Le Gérant : A. Noaillon.

Paris. — Imprimerie P. Mouillot, 13, quai Voltaire. — 44998

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

51, rue Vivienne, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ. — DIRECTEUR SCIENTIFIQUE : TH. DU MONCEL

ADMINISTRATEUR : H. SARONI

6e ANNÉE (TOME XI) SAMEDI 26 JANVIER 1884 N° 4

SOMMAIRE

Fabrication des lampes à incandescence à filaments de charbon; Th. du Moncel. — Mesure de la force électromotrice dans les couples polarisables; A.-H. Noaillon. — Application de l'électricité à la manœuvre des chemins de fer (3e article); M. Cossmann. — Les nouvelles installations d'éclairage électrique dans les magasins de Paris; P. Clemenceau. — Les premiers pas de l'éclairage électrique (2e article); Aug. Guerout. — Revue des travaux récents en électricité : Thermo-avertisseur de M. D. Tommasi. — La lampe à incandescence Cruto. — Lampe électrique de M. A. de Puydt. — L'indicateur du niveau électrique de M. May. — Sur les communications téléphoniques. — Sur les courants telluriques, par M. L. Ludewig. — Gouvernail de contrôle pour les torpilles Scheel. — Faits divers.

FABRICATION DES LAMPES A INCANDESCENCE A FILAMENTS DE CHARBON

Nous avons, dans un article inséré dans le n° du 1er septembre 1881 de *La Lumière Electrique*, fait l'historique des lampes à incandescence, et l'on a vu comment, par suite de perfectionnements successifs, les lampes qui ne fournissaient l'incandescence que sur des baguettes amincies de charbon de cornue, étaient devenues ces lampes merveilleuses dans lesquelles le charbon incandescent s'est trouvé réduit à la ténuité d'un cheveu, avec un pouvoir éclairant proportionnel à sa longueur, et une durée moyenne de 800 heures. La fabrication de ces lampes étant excessivement intéressante, nous avons cru devoir lui consacrer un long article, et nous avons naturellement pris comme point de départ les lampes de M. Edison qui sont maintenant fabriquées dans les divers pays, et qui ont provoqué la création de magnifiques établissements occupant des centaines d'ouvriers. Le plus considérable de tous est à New-York, mais celui de Paris, qui est situé à Ivry, est des plus remarquables, tant pour la grandeur et le nombre des bâtiments qui le composent, que par sa bonne organisation, la perfection de son outillage et la qualité des produits qu'il fournit. Cet établissement est dirigé par M. Batchelor, le collaborateur de M. Edison, celui qui l'a aidé le plus efficacement dans tous ses travaux jusqu'en 1881, et qui avait organisé de concert avec M. Mosès l'exposition Edison à notre Exposition électrique de 1881.

D'autres établissements du même genre ont été créés en Angleterre et en France, pour la fabrication des lampes Swan, et il paraît qu'en Amérique, encore, la Compagnie Maxim a créé de grandes usines pour l'exploitation des lampes de ce système.

La construction des lampes Edison a exigé, pour produire des appareils d'un prix facilement abordable dans la pratique, un mode de fabrication tout particulier et assez compliqué, qui, pour être bien compris, demande à être étudié dans les différents organes qui composent ces lampes.

Préparation des charbons dans les lampes à incandescence de M. Edison. — L'invention importante dans les lampes à incandescence, dont nous représentons figure 1 le type le plus répandu, est bien certainement celle qui se rapporte à la fabrication de ces petits filaments de charbon qui étant portés au rouge blanc dans le vide, produisent la lumière sans se brûler ni même se fondre comme cela arrivait aux fils de platine. La dureté, la flexibilité et la cohérence de ces petits fils fins comme des cheveux, sont certainement des propriétés qu'on n'aurait jamais supposées à des charbons d'origine végétale, et on comprend que la possibilité de pouvoir les fabriquer d'une manière facile et sûre, constitue à elle seule une grande découverte qui fait le plus grand honneur à M. Edison. Si on se rappelle les petits résultats que l'on avait obtenus jusqu'en 1880 avec

les petits crayons de charbon placés entre deux masses de la même matière qui constituaient avant cette époque les lampes à incandescence, on peut concevoir que l'on était en droit de douter de l'exactitude des résultats annoncés à la fin de l'année 1879 par les journaux américains ; et cette incrédulité à elle seule peut démontrer la nouveauté de la découverte de M. Edison. Mais ce qui en prouva le plus l'importance, c'est l'empressement avec lequel ceux qui, à cette époque, réclamaient la priorité de l'invention et qui avaient abandonné leurs recherches par suite de leur non-réussite, se remirent à l'œuvre pour obtenir des effets analogues, mais par des moyens autres que ceux stipulés dans les brevets Edison. C'est ainsi que prirent naissance, comme on l'a vu, les lampes Swan, Maxim, Lane-Fox, etc., qui ne sont en somme que des imitations de la lampe Edison. Nous étudierons séparément ces lampes, mais nous commencerons naturellement par la première en date, et nous insisterons sur les diverses conditions de sa fabrication.

FIG. 1
LAMPE ÉDISON

Dans la lampe Edison, le filament est le résultat de la carbonisation des fibres du bambou. Ces fibres appartiennent à la partie superficielle des tiges de cette plante, qui se trouvent découpées par petites lames d'une vingtaine de centimètres de longueur sur un centimètre de largeur et envoyées par bottes du Japon. Le choix des bambous sur lesquels on découpe ces lames n'est pas indifférent. Il faut que l'arbuste ne soit ni trop vieux ni trop jeune pour fournir des fibres vigoureuses et bien homogènes ; c'est vers trois ans qu'il réunit les meilleures conditions pour cet emploi.

Les premières opérations que ces lames subissent dans les ateliers de l'usine d'Ivry consistent à les amincir, à les bien polir et à leur donner exactement une épaisseur, une largeur et une longueur assignées. Ce sont des femmes qui font ce travail, et l'opération est rendue plus facile par l'emploi d'outils ingénieux combinés à cet effet. Quand la lame est bien jaugée et vérifiée, on la place dans un outil spécial où on la découpe de manière à présenter, à ses deux extrémités, une petite patte un peu large pour pouvoir être adaptée facilement aux fils conducteurs de la lampe. Dans cet état, la lame ne constitue plus qu'un filament d'un millimètre à peine, qu'on prend le soin de jauger dans ses différentes parties, avant de l'envoyer à la carbonisation. Avant d'arriver à cet état, la lampe a passé successivement par cinq ou six mains; aussi les ouvrières sont-elles placées les unes à côté des autres, et se repassent-elles les brins au fur et à mesure de leurs préparations successives.

On prépare à Ivry deux modèles de ces lames, l'un pour les lampes A, de 16 candles, et qui doit présenter après la carbonisation, une résistance de 140 ohms, l'autre pour les lampes B, de 8 candles, qui a une longueur moitié moindre et par suite une résistance de 60 à 70 ohms.

Après leur découpage, les brins sont envoyés à l'atelier de carbonisation. Là on les place dans des moules plats en nickel, dans lesquels on les recourbe en fer à cheval, et pour que la courbe ne soit pas altérée pendant la carbonisation, elle est maintenue par un disque à gorge qui est mobile dans le moule afin de se prêter aux raccourcissements résultant de la carbonisation. Pour économiser le temps, on place dans chaque moule deux brins, un long et un court, celui-ci se trouvant compris à l'intérieur du premier et ayant comme l'autre son disque à gorge pour maintenir sa courbure. Une fois refermés, ces moules sont entassés au nombre de 100 à 200 dans des sortes de moufles à fermeture hermétique, que l'on achève de remplir avec de la plombagine pour empêcher le contact de l'air extérieur avec les moules de nickel, et quand on en a un certain nombre de remplis, on les place dans une étuve, où on les chauffe pendant un temps assez long pour que la carbonisation soit complète. Après quoi on les laisse refroidir lentement, puis on les ouvre pour retirer des moules de nickel les charbons qui forment alors des filaments déjà d'une grande rigidité et d'une grande flexibilité, car on peut les toucher, écarter leurs branches l'une de l'autre et même les tordre légèrement sans les casser. Ils n'ont pourtant pas encore à ce moment la dureté qu'ils sont appelés à avoir lorsqu'ils ont été soumis à des incandescences successives dans le vide, comme nous le verrons plus tard. Après avoir été triés et réunis ensemble suivant leur numéro, ils sont envoyés à l'atelier du soufflage où on les place dans les lampes, ainsi qu'on le verra plus loin. Toutes ces opérations se font avec ordre et méthode, et c'est quelque chose de curieux de suivre étape par étape cette fabrication.

Fabrication des lampes. — La fabrication des lampes à l'usine d'Ivry comporte un certain nombre d'opérations qui ont nécessité différents locaux appropriés. Dans un premier atelier dit de soufflage, on prépare les tubes de verre qui doivent entrer dans les ampoules de verre formant les lampes, pour y amener les fils conducteurs. Ces tubes sont chauffés d'abord en deux points pour qu'on puisse y souffler deux petites boules éloignées l'une de l'autre de 6 à 8 centimètres ; puis ces tubes sont coupés au chalumeau entre les deux boules, et les deux fils de platine formant les con-

ducteurs sont introduits et scellés aux deux bouts disjoints du tube dont l'ouverture après cette opération est aplatie et fermée à la lampe. C'est ce bout qui doit entrer dans l'ampoule, et la petite boule voisine n'a d'autre objet que de fermer hermétiquement l'ouverture de cette ampoule une fois les fils et le charbon introduits, et de renforcer cette partie de la lampe en s'y soudant.

Avant cette opération, les ampoules qui sont livrées à la compagnie par les verreries de Bohème, sont munies supérieurement d'un tube de verre assez mince qu'on enfle en deux endroits, et qui présente un rétrécissement pour sa coupure définitive après l'opération de la raréfaction de l'air; c'est par ce tube que les lampes sont mises en communication avec les tubes barométriques qui doivent produire cette raréfaction.

Quand les tubes portant les fils de platine sont préparés ainsi qu'on l'a vu précédemment, ils sont portés dans un autre atelier où on soude aux fils de platine de petits fils de cuivre qu'on coude et qu'on aplatit de manière à former à leur extrémité libre une sorte de pince dans laquelle on introduit une des extrémités évasées du filament de charbon. Cette introduction qui demande une grande délicatesse de main, est faite généralement par des femmes, et quand les pinces ont ensuite été bien serrées, le tube est soumis à un bain galvanoplastique qui, en cuivrant tous les points d'attache et la partie inférieure du filament charbonneux, établit une excellente conductibilité dans toutes les communications électriques à l'intérieur de la lampe, et les consolide en même temps. Cette opération est effectuée au moyen de caisses dont le fond est percé de nombreux trous hermétiquement fermés par des bouchons de caoutchouc à travers lesquels passent les tubes munis de leur charbons. Tous les fils de ces tubes sont réunis au-dessous de la caisse pour communiquer avec le pôle négatif d'une pile de Daniell à éléments de grand diamètre, et entre chacune des rangées de ces tubes, dans le fond des caisses, sont placées parallèlement des barres de cuivre constituant les anodes solubles du bain. Les caisses sont ensuite remplies jusqu'à hauteur convenable au-dessus des points d'attache du charbon, avec une solution saturée de sulfate de cuivre qui leur est distribuée par des conduits issus d'un réservoir général où ce liquide est en provision.

C'est après cette galvanisation que les tubes avec leurs charbons sont introduits dans les lampes ainsi que nous l'avons expliqué.

Dans chacune des opérations se rapportant au soufflage du verre, les pinces sont introduites dans des sortes d'étuves à becs de gaz où elles subissent un recuit qui est absolument nécessaire pour les rendre moins cassantes. Dans la première opération, les tubes sont suspendus successivement, au fur et à mesure de leur préparation, sur une espèce de tourniquet au-dessus des branches duquel se trouvent des becs de gaz. Dans l'opération de l'introduction de ces tubes dans les lampes, les pièces sont introduites sur une sorte de châssis horizontal où elles sont mises en mouvement au-dessus de becs de gaz de différentes intensités et placées à des hauteurs régulièrement décroissantes. On commence par placer la lampe sur la partie du châssis correspondant au bec le plus élevé, puis quand une autre lampe est terminée, on avance le châssis d'un cran, ce qui avance la première lampe au-dessus du second bec de gaz qui est plus éloigné et permet de placer la dernière au lieu et place de la première. Après la construction d'une troisième lampe, on avance de nouveau le système d'un cran et après avoir effectué 6 ou 7 substitutions semblables, les premières lampes se sont refroidies graduellement, et peuvent être successivement retirées pour être portées à l'atelier où l'on effectue la raréfaction de l'air.

Raréfaction de l'air dans les lampes. — Nous avons vu qu'un vide parfait ou du moins le plus parfait possible était nécessaire, non seulement pour empêcher la combustion du filament de charbon dans les lampes, mais encore pour en extraire les gaz logés dans les pores et en augmenter la densité et la dureté. Pour l'obtenir dans de bonnes conditions et d'une manière facile, il a fallu avoir recours à un procédé analogue à celui que M. Geissler avait employé pour ses tubes à effluves électriques ; mais dans la belle installation d'Ivry, on a organisé un système admirablement combiné qui permet d'opérer sur 450 lampes à la fois, et voici comment il est disposé :

Dans une vaste salle, on a disposé parallèlement les unes à côté des autres, quatre sortes de cloisons à claire-voie sur lesquelles sont adaptés une série de tubes barométriques d'une construction particulière et dont on voit la partie supérieure de l'un d'eux en A C T S R, figure 2.

Ils sont, comme on l'a vu, au nombre de 450 et, par leurs deux extrémités et des tubes de caoutchouc B, B, B′, B′, ils communiquent aux deux longs tubes de fer horizontaux D D, D′ D′ qui correspondent à un appareil auquel on a donné le nom de pompe de Sprengel. Ces tuyaux circonscrivent en haut et en bas toutes les cloisons et aboutissent à deux réservoirs remplis de mercure qui sont mis en relation l'un avec l'autre par un gros tube incliné dans lequel se meut une vis d'Archimède actionnée par un moteur. Cette vis a pour but de faire monter d'une manière continue le mercure du réservoir inférieur au réservoir supérieur, et par conséquent, de faire circuler d'une manière incessante le mercure à travers les tubes. Du grand tube

de fer D D le mercure tombe en effet, par les tubes de caoutchouc B, B, dans la partie A C de chaque tube barométrique, et il s'écoule avec vitesse par la partie inclinée qui surmonte le tube A pour tomber ensuite dans le tube T, mais là le jet rencontrant une colonne d'air se divise au moment où il descend verticalement, emprisonnant avec lui des bulles d'air qui sont naturellement enlevées à la partie supérieure du tube et par suite au récipient R avec lequel il communique. A la suite d'un écoulement prolongé, on comprend que cet em-

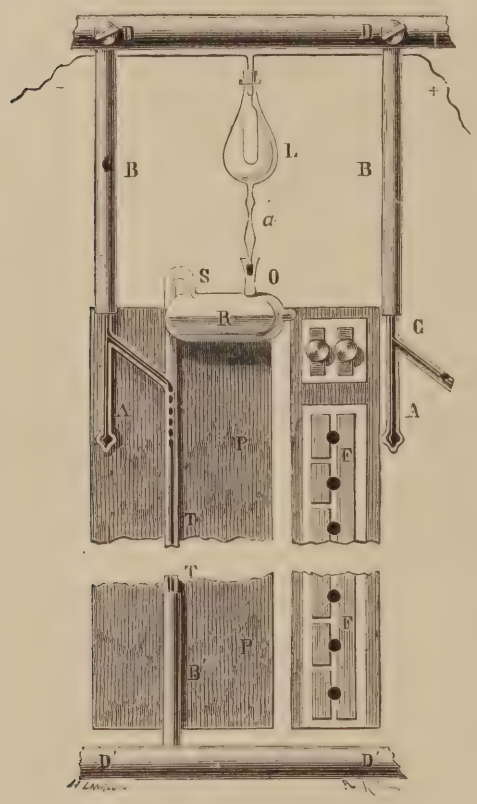


FIG. 2. — DISPOSITIF POUR FAIRE LE VIDE DANS LES LAMPES EDISON

prunt successif de bulles d'air finit par épuiser toute la quantité d'air du récipient et par faire le vide.

Pour absorber à la fin de l'opération le peu d'air humide qui pourrait encore exister dans le récipient, celui-ci est rempli à moitié avec de l'acide sulfurique anhydre. C'est sur une tubulure O adaptée à ce récipient que sont adaptées les lampes qui en ce moment sont pourvues, par le haut, du petit tube étranglé présentant des renflements dont nous avons déjà parlé, et qui est introduit dans un bouchon de caoutchouc fermant l'orifice O. De l'autre côté, ces lampes sont mises en communication par leurs fils de platine avec les deux conducteurs du circuit des machines qui doivent leur apporter le courant. Dans ces conditions, la capacité intérieure des lampes fait partie de celle du récipient R, et le vide y est fait en même temps. Des robinets D, D permettent d'ailleurs d'arrêter l'écoulement du mercure quand cela est nécessaire.

Voici maintenant comment on procède :

Quand le vide commence à se former, on ferme le courant à travers la lampe au moyen du commutateur à bouchons que l'on voit à droite de la figure près du tube CA; mais comme le courant doit être successivement augmenté d'intensité pendant l'opération, le circuit de ce commutateur est complété par un rhéostat F F qui permet d'y introduire des résistances variables jusqu'au point qui convient à l'éclat maximum de la lampe. On commence par mettre une résistance relativement assez forte, ce qui rend simplement les charbons incandescents au rouge sombre; alors le mercure du tube, au-dessous de son point de chute, paraît violemment agité par les bulles d'air emprisonnées, mais à mesure que le vide se perfectionne, cette agitation disparaît successivement, et quand elle n'est plus perceptible, on diminue la résistance du circuit, et qui rend le charbon plus lumineux; mais alors l'agitation recommence et quand elle a cessé de nouveau, on diminue encore la résistance du circuit, ce qui amène une nouvelle agitation de la colonne mercurielle, et on répète les mêmes manœuvres jusqu'à ce qu'on ait porté la lampe à l'incandescence qu'elle doit avoir. Alors on soude définitivement la lampe en *a* au moyen d'un chalumeau portatif, et on la sépare de l'appareil après avoir bouché le robinet d'écoulement du mercure correspondant. La partie du tube entrée dans le bouchon de l'orifice O est enlevée de la lampe, et celle-ci est prête à fonctionner.

Pendant tout le temps de l'opération, le mercure de l'appareil s'est écoulé dans le tube de fer inférieur; mais pour que cet écoulement puisse se faire, on comprend facilement que les tubes T, T doivent avoir plus de 70 centimètres.

Essais des lampes. — Quand les lampes ont été terminées ainsi qu'on l'a vu précédemment, elles sont portées dans l'atelier où on leur adapte leur vis d'ajustement. C'est un petit cylindre en cuivre mince repoussé de manière à former un pas de vis. Ces cylindres, en nombre plus ou moins grand, sont emboîtés sur de petites plates-formes rondes faisant corniche qui les soutiennent dans des trous pratiqués sur une longue planche horizontale et qui permettent d'introduire la lampe par son bout aminci jusqu'à l'extrémité inférieure du pas de vis.

Quand toutes les lampes sont ainsi placées, on coule du plâtre dans les cylindres formant vis par la

partie supérieure de la plate-forme, et le tout étant pris ensemble, la lampe est constituée, présentant extérieurement l'aspect de la figure 1.

Il s'agit maintenant de les essayer et de les classer suivant la force électromotrice qui doit agir sur elles, pour leur faire fournir une intensité lumineuse donnée qui, pour le type A, représente 16 candles. On a pour cela établi un grand cabinet noir dans lequel est installé un grand appareil photométrique disposé de la manière suivante.

C'est une longue caisse peinte en noir disposée horizontalement contre un des côtés de la chambre. Cette caisse porte au milieu, en avant du spectateur, une large ouverture par laquelle se font les observations et les manœuvres photométriques nécessaires, puis, à gauche et à droite, deux autres ouvertures ordinairement fermées par des portes qui donnent accès à deux compartiments où l'on place, d'un côté, l'étalon de lumière et, de l'autre, la lampe à essayer. Sur la planche inférieure de cette espèce de caisse, entre les deux lampes, est fixée une échelle graduée le long de laquelle se meut un photomètre à tache de Bunsen, lequel se compose, comme on le sait, d'un écran blanc au milieu duquel est fixée perpendiculairement une lame de verre sur laquelle se trouve une tache d'huile; cette tache, sous l'influence des rayons lumineux des deux lampes, porte ombre sur l'écran des deux côtés de la lame.

Quand les lumières des deux lampes sont parfaitement égales et que le photomètre est au milieu de la distance qui les sépare, ces deux ombres sont égales et même disparaissent à peu près, mais si les lumières sont inégales, la position du photomètre pour obtenir l'égalité des taches ne correspond plus à la moitié de la distance séparant les deux lampes, et il faut le rapprocher davantage de la lampe la plus faible; le rapport des carrés des distances pourrait, dans ce cas, permettre l'évaluation du rapport des pouvoirs lumineux, mais comme il ne s'agit pas ici de mesures précises mais d'une simple indication pour le classement des lampes, on simplifie le procédé de la manière suivante.

D'abord, au lieu d'un étalon de lumière soit candle, soit lampe carcel, on prend une lampe électrique qui a été étalonnée avec soin par les procédés photométriques connus, et qu'on a choisie de manière à représenter exactement 16 candles. Puis on a marqué sur l'échelle du photomètre les points où cet instrument doit être placé pour fournir l'intensité lumineuse de 16 et de 8 candles qui se rapportent aux types A et B que l'on a le plus généralement à essayer. Comme malgré le soin qu'on met au triage des filaments de charbon, les lampes ne produisent pas toujours la même lumière pour une même résistance, on a dû disposer sur le système photométrique un rhéostat à résistances variables qu'on introduit dans le circuit des lampes à essayer et qu'on manœuvre, à chaque expérience, de manière à rendre égales sur le photomètre, dans la position où on l'a placé, les deux lumières; de sorte que, dans ce cas, c'est par des différences dans la résistance du circuit qu'on égalise les lumières au lieu de le faire par le déplacement du photomètre.

Pour connaître maintenant la force électromotrice en jeu dans le circuit quand l'égalisation des lumières a été ainsi effectuée, on fait passer le courant à travers un galvanomètre disposé pour indiquer les forces électromotrices élevées, comme celui de M. Deprez, et pour que les mesures soient comparables sans calculs, on le choisit peu sensible, et on ne mesure les déviations que par le déplacement d'une image lumineuse projetée par un miroir sur une règle graduée préalablement en volts. Il ne s'agit donc que de lire sur cette échelle la position occupée par l'image lumineuse projetée par le galvanomètre quand l'égalité des lumières est obtenue au photomètre, pour connaître la quantité de volts qui sont nécessaires pour fournir l'intensité lumineuse donnée avec les différentes lampes essayées, et quand les essais sont terminés, on range les lampes dans des casiers séparés qui portent une étiquette indiquant le nombre de volts correspondant. Ordinairement, c'est entre 50 et 53 volts que varie la force électromotrice nécessaire aux lampes du type A pour fournir l'intensité lumineuse de 16 candles (soit une carcel et demie).

La mesure de la résistance des charbons est l'objet d'un autre travail qui précède celui dont nous venons de parler. On avait dans l'origine employé la méthode du pont de Wheatstone, mais pour aller plus vite, on emploie tout simplement le système des déviations galvanométriques, et on met pour cela à contribution le galvanomètre apériodique de MM. Deprez et d'Arsonval qui, comme on le sait, fournit sans aucune oscillation, les déviations.

Ce système, comme celui dont nous avons parlé précédemment, est à miroir, et l'échelle devant laquelle se déplace l'image lumineuse a été graduée préalablement en ohms, d'après un générateur électrique constant et avec des résistances de circuit étalonnées. Il suffit donc, comme dans les essais précédents, de lire sur l'échelle le chiffre sur lequel s'arrête l'image lumineuse, pour qu'on connaisse immédiatement la résistance des différentes lampes, qui, pour le type A, est généralement de 220 ohms à froid et de 140 ohms à chaud.

Bien que l'organisation du système Edison soit complète, des améliorations se font cependant chaque jour, et nous avons reçu dernièrement de M. Edison des renseignements qui nous montrent

qu'il peut fabriquer aujourd'hui des lampes des types A et B dans les conditions suivantes :

Types	Bougies	Résistances en ohms	Courants en ampères	Forces électromotrices en volts	Foot pounds par minute	Foot pounds par bougie	Lampes par cheval vapeur
A	32	86	1,18	102	5332	$166\frac{2}{3}$	6,19
A	16	137	0,745	102	3366	$210\frac{3}{8}$	9,804
A	16	140	0,747	105	3475	$217\frac{7}{16}$	9,5
A	16	121	0,828	100	3665	$229\frac{1}{16}$	9,0
A	16	103	0,92	95	3880	$242\frac{1}{2}$	8,5
A	10	208	0,49	162	2217	$221\frac{7}{10}$	14.885
B	8	69	0,745	51	1683	$210\frac{3}{8}$	19,61
B	16	42	1,2	51	2715	$169\frac{11}{16}$	12,15

Pour qu'on puisse comprendre l'importance du travail électrique dépensé par ces différents types et qui est exprimé en *foot pounds* par minute, nous dirons que le *foot pounds* par minute divisé par 440, est égal au kilogrammètre par seconde.

TH. DU MONCEL.

MESURE
DE LA
FORCE ÉLECTROMOTRICE
DANS LES COUPLES POLARISABLES

On connaît, pour la mesure des forces électromotrices, un grand nombre de méthodes qui donnent des résultats très exacts lorsque la source que l'on veut mesurer est constante.

Mais lorsque la pile que l'on étudie est ce que l'on appelle une pile polarisable, la plupart de ces méthodes ne peuvent plus être employées, et l'on est presque forcé d'avoir recours à l'électromètre.

Malheureusement l'électromètre est un instrument très délicat, demandant une installation spéciale et dont l'emploi exige de grandes précautions; aussi son usage très commode dans un cabinet de physique, est-il à peu près impossible pour les nombreux travailleurs qui n'ont à leur disposition qu'un laboratoire plus ou moins incomplet.

C'est parce que je me trouvais dans le cas de ces derniers que j'ai été amené à chercher une méthode, qui, avec les instruments que j'avais à ma disposition, me permît de mesurer avec une exactitude suffisante les forces électromotrices, souvent très instables, que l'on rencontre dans les études électro-chimiques. Je me suis de plus imposé comme condition de ne pas employer des appareils étalonnés dont la vérification est souvent difficile, et de me contenter des seules indications d'un bon galvanomètre que l'on puisse facilement tarer à chaque série d'expériences.

La méthode à laquelle je me suis arrêté après de nombreux essais est une modification de la méthode de Poggendorff que je vais rappeler en quelques mots.

La pile à mesurer P, une autre pile P′ dont la force électromotrice doit être connue, constante et supérieure à celle de P, un galvanomètre G et deux boîtes de résistances R, R′ sont disposés comme l'indique la figure 1. Les deux piles étant en opposition, si l'on fait varier convenablement les résistances R et R′, le galvanomètre sera ramené au zéro et à ce moment l'on aura :

$$\frac{E}{E'} = \frac{R + R' + r'}{R},$$

En faisant une seconde expérience avec de nouvelles valeurs de R et R′, on aura une seconde

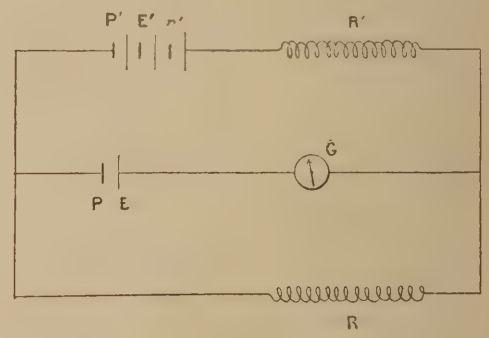


FIG. 1

équation, qui, en la retranchant de la première, permettra d'éliminer r', de sorte que l'on aura finalement :

$$\frac{E}{E'} = \frac{(R - R_1) + (R' - R'_1)}{R - R_1}.$$

Dans cette méthode, la pile P′ est seule à circuit fermé, de sorte qu'à la rigueur on pourrait l'employer même dans le cas où P serait polarisable. Mais elle présente, suivant le point de vue auquel je me suis placé, deux inconvénients graves : d'abord elle suppose connue la force électromotrice de la pile P′ qui peut être composée de plusieurs éléments suivant la valeur de P, il faut donc qu'elle soit formée par des éléments étalons; or comme on a déjà de la peine à avoir un étalon qui soit toujours identique, il me semble qu'il est permis d'avoir des doutes sur la valeur d'une pile de plusieurs éléments.

En second lieu, il faut faire usage de deux boîtes de résistances étalonnées qui sont des instruments délicats, faciles à fausser, difficiles à vérifier et

dont par conséquent on peut toujours soupçonner l'exactitude.

Ces deux inconvénients qui peuvent avoir peu d'importance lorsque les forces électromotrices à mesurer sont assez fortes, deviennent graves lorsqu'il s'agit de forces, comme celles de l'électrochimie, qui atteignent au maximum une valeur de quelques volts, et ils m'ont paru suffisants pour faire rejeter la méthode.

La disposition que j'ai adoptée est représentée figure 2 : P est la pile que l'on veut mesurer, P′ une pile Daniel dont la force électromotrice doit être supérieure à celle de P, R une série de résistances qui n'ont pas besoin d'être étalonnées, G′ un galvanoscope et G un galvanomètre taré, qui à l'aide d'une clef, pourra être mis en dérivation sur le circuit des deux piles.

Les deux piles P et P′ étant en opposition, on pourra, en faisant varier la résistance du shunt R, arriver à ramener au zéro le galvanoscope G′, et à

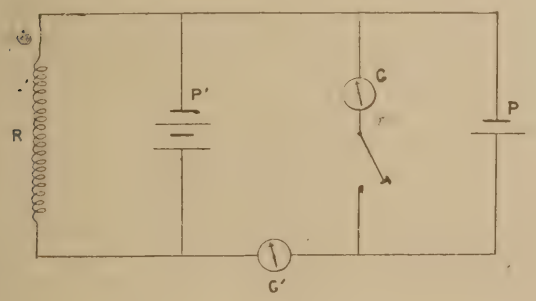


FIG. 2

ce moment la force électromotrice de P sera équilibrée par la différence de potentiel subsistant aux bornes de P′.

Si alors on abaisse la clef, le galvanomètre G indiquera la différence de potentiel qui existe entre les deux branches du circuit, c'est-à-dire la force électromotrice de P.

Il est important de remarquer que si la résistance de la dérivation qui contient le galvanomètre G est très grande, ce qui d'ailleurs est indispensable avec tous les galvanomètres tarés, la pile P ne se polarise nullement quel que soit le temps pendant lequel le circuit reste fermé et que le courant est seulement fourni par la pile P′. On peut même, une fois l'équilibre entre les deux piles obtenu, supprimer entièrement la pile P et mesurer seulement la différence de potentiel fournie par P′, de sorte que la méthode revient à substituer à une pile polarisable une pile constante de force électromotrice égale à la première.

Comme on le voit, la méthode est extrêmement simple en principe; mais pour donner des résultats précis elle exige de grandes précautions pour éviter certaines causes d'erreurs; aussi je crois utile de donner quelques détails sur les instruments que j'ai employés et sur la manière d'opérer.

Pile. — La pile qui me sert à équilibrer la force

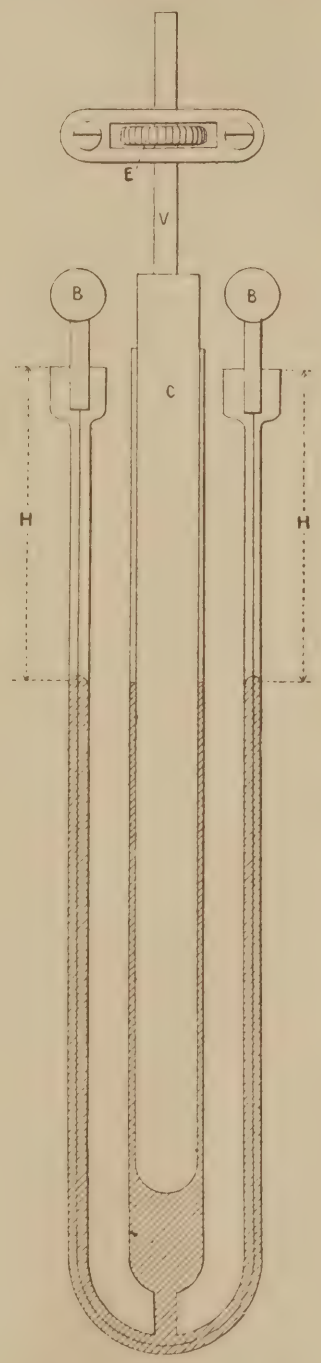


FIG. 3

électromotrice à mesurer, est composée d'éléments Calaud dont on prend un ou plusieurs éléments suivant les cas.

Résistances. — Au début de mes expériences je faisais usage d'une boîte de résistances ordinaire ; mais comme ces boîtes sont formées avec des fils très fins et qu'il est toujours nécessaire de laisser le circuit fermé un certain temps, il arrivait que par suite de l'échauffement des fils la résistance des bobines augmentait, et que l'équilibre des deux forces électromotrices était détruit à mesure qu'on le rétablissait, ce qui occasionnait de nombreux tâtonnements.

Maintenant j'emploie des résistances formées avec des baguettes de charbon à lumière, qui ne s'échauffent pas sensiblement au passage de faibles courants. En prenant des baguettes de deux millimètres de diamètre qui ont environ 20 ohms de résistance, on voit qu'il est facile d'établir une série de 200 ohms qui suffit dans la plupart des cas.

Comme il est indispensable que l'équilibre entre les deux forces électromotrices soit aussi parfait que possible, il faut pouvoir faire varier la résistance par fractions très petites, des centièmes d'ohms par exemple. Pour cela, après avoir établi à peu près l'équilibre avec les résistances précédentes, je le complète à l'aide d'un petit rhéostat que j'ai construit spécialement pour cet usage, et qui est représenté fig. 3.

L'appareil se compose d'un tube à trois branches, contenant une certaine quantité de mercure. Dans la branche du milieu, qui a environ deux centimètres de diamètre, s'enfonce un plongeur en bois C qui peut faire monter le mercure jusqu'à la partie supérieure du tube ; ce plongeur est élevé ou abaissé à l'aide d'un écrou fixe E qui agit sur une vis V attachée au plongeur. Dans les deux branches U qui ont cinq millimètres de diamètre intérieur, passe un fil de platine de $\frac{1}{10}$ de millimètre de diamètre qui vient s'attacher à deux gros fils de platine fixés aux bornes B et qui pénètrent dans de petits entonnoirs qui terminent le tube en U.

Lorsque le plongeur est entièrement enfoncé, le mercure arrive dans les entonnoirs, touche les gros fils de platine et la résistance de l'appareil est sensiblement nulle. Si au contraire le plongeur est soulevé, le niveau du mercure baisse et la résistance est celle de la longueur 2 H du fil de platine découvert. On peut ainsi faire varier la résistance par degrés insensibles entre 0 et 4 ohms avec un tube d'environ vingt-cinq centimètres de hauteur.

Concurremment avec ce rhéostat, j'en ai employé un autre imaginé par M. Carpentier et représenté fig. 4. Il se compose d'une éprouvette pleine de mercure dans laquelle plongent deux fils fixes F et F′ par lesquels on fait arriver le courant. L'un de ces fils F est entouré d'un tube de verre T qui passe à frottement dans un support, de façon à pouvoir être soulevé ou enfoncé dans le mercure. Lorsque le tube est entièrement soulevé, le courant passe directement d'un fil à l'autre sans résistance ; mais lorsque le tube est baissé d'une certaine quantité comme dans la figure, la résistance est celle d'un fil de mercure de longueur H et d'un diamètre égal au diamètre intérieur du tube.

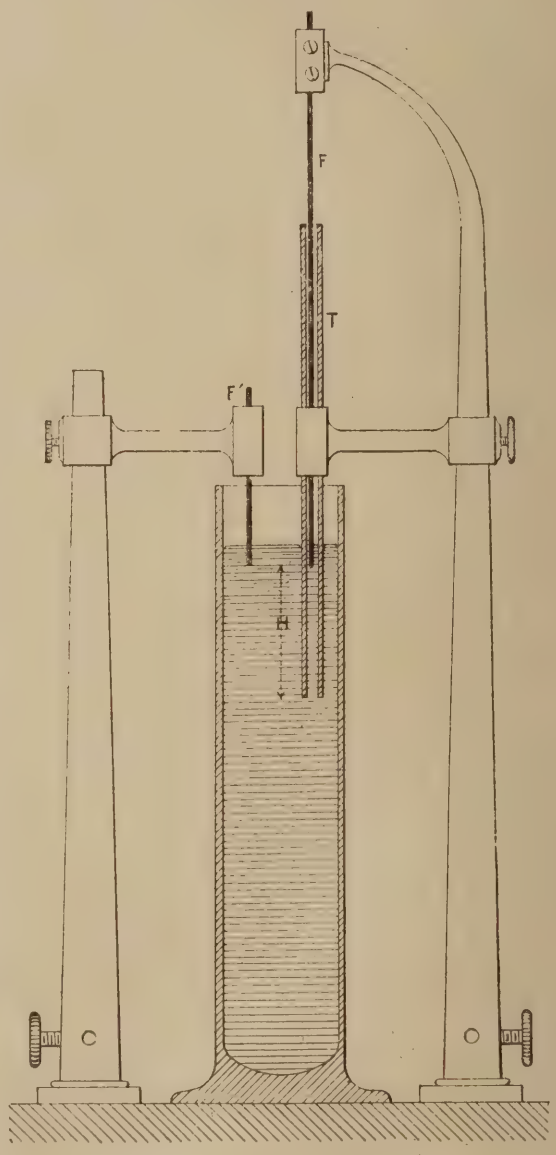


FIG. 4

Dans cet appareil la résistance étant plongée au milieu d'une grande masse de mercure, ne peut guère s'échauffer par le passage du courant. C'est là un avantage que ne présente pas le premier rhéostat, mais aussi les variations de résistances que l'on peut obtenir, sont beaucoup moins grandes qu'avec le premier appareil, et il ne peut servir que pour faire de très petits appoints.

Galvanomètre. Dans la fig. 2, j'ai indiqué, pour faciliter la description, l'emploi de deux instruments, l'un pour indiquer l'équilibre et l'autre pour mesurer la différence de potentiel; mais en pratique, c'est le même appareil qui sert aux deux usages.

Le galvanomètre que j'emploie est celui de

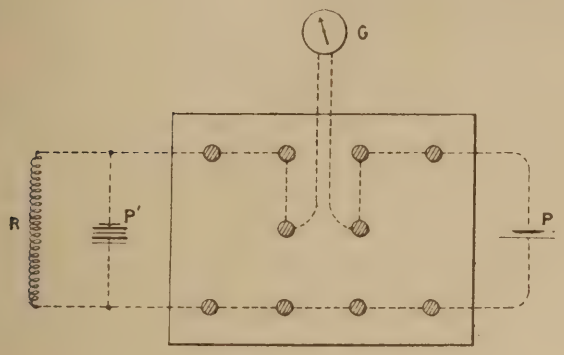


FIG. 5

MM. Deprez et d'Arsonval tel qu'il a été décrit dans *La Lumière Electrique*, n° du 13 mai 1882. Sa résistance est de 184 ohms, et lorsque l'on fait usage du miroir, il peut accuser un dix-millionnième d'ampère. Malgré cette extrême sensibilité, les indications de l'instrument qui est apériodique sont très rapides et très sûres et son emploi est des plus commode, surtout lorsque l'on fait usage de l'échelle transparente de M. Carpentier, qui permet d'opérer presque en plein jour avec une simple bougie.

Lorsque l'appareil est employé à la mesure des

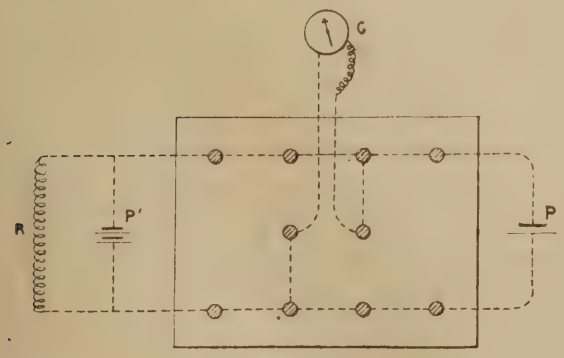


FIG. 6

forces électromotrices, on peut introduire de très grandes résistances dans le circuit, tout en lui conservant une sensibilité suffisante. Ainsi par exemple, avec 30,000 ohms dans le circuit, un volt donne encore une déviation de plus de 100 divisions.

Dans ce cas l'appareil n'est plus apériodique; mais il est facile de lui rendre cette qualité précieuse par un shunt convenable placé entre les bornes, seulement la sensibilité se trouve diminuée dans le rapport des résistances de l'appareil et du shunt. Habituellement je donne au shunt une résistance de 5 000 ohms qui ne diminue la sensibilité de l'appareil que de trois centièmes et qui cependant suffit pour que l'aiguille se fixe après quelques oscillations qui n'ont rien de gênant.

Lorsque la force électromotrice n'est pas supérieure à un volt une résistance de 30 000 ohms intercalée dans le circuit du galvanomètre est suffisante; mais lorsqu'elle atteint 2 volts, il faut ou porter la résistance à 50 000 ohms, ou ce qui est plus commode, diminuer la résistance du shunt jusqu'à ce que les indications de l'instrument restent dans le champ de l'échelle.

Dans ces conditions, on utilise seulement des déviations de quelques degrés qui sont exactement proportionnelles aux forces électromotrices, et l'aiguille revient parfaitement au zéro; mais si l'ins-

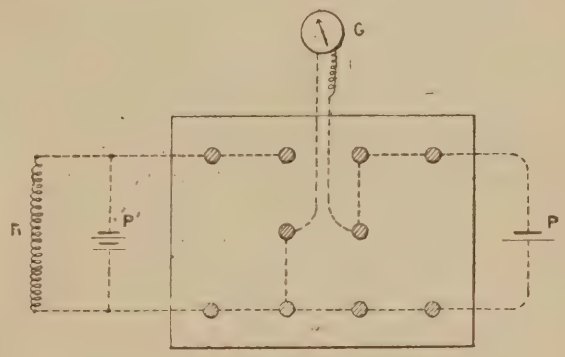


FIG. 7

trument ne revenait pas exactement au zéro, il faudrait en tenir compte et ne pas opérer par renversement de courant, car l'appareil ne pouvant être construit absolument symétrique, les déviations pour une même force électromotrice ne sont pas les mêmes dans les deux sens et la moyenne des deux observations n'aurait aucune valeur.

Il est bien entendu qu'à chaque série d'expériences, le galvanomètre muni de ses résistances additionnelles et de son shunt sera taré à l'aide d'un élément étalon, par exemple avec la pile étalon du Post-Office de Londres.

Marche de l'expérience. — Lorsque l'on doit faire un grand nombre d'expériences de même nature, il y a toujours avantage à se servir d'un dispositif qui permette de faire rapidement et à coup sûr les différentes manœuvres qui sont nécessaires. C'est dans ce but que j'emploie une sorte de commutateur composé de dix godets de mercure fixés sur une planchette et qui peuvent être reliés entre eux par des cavaliers en gros fil

de cuivre, j'évite ainsi le temps perdu et l'incertitude qu'entraîne toujours l'emploi des bornes,

La figure 5 représente l'ensemble des appareils pour obtenir l'équilibre des deux forces électromotrices. On commence par établir un équilibre approché à l'aide du rhéostat en charbon en laissant dans le circuit du galvanomètre les résistances additionnelles ; puis on supprime ces résistances et à l'aide du rhéostat à mercure on complète l'équilibre. Lorsqu'il est obtenu, on ouvre le circuit et on laisse reposer un certain temps la pile qui pendant les tâtonnements pourrait avoir été polarisée dans un sens ou dans l'autre, enfin on vérifie de nouveau et il ne reste plus qu'à prendre la différence de potentiel entre les deux branches du circuit. Il suffit pour cela de remettre les résistances additionnelles dans le circuit et de disposer les cavaliers du commutateur comme ils sont indiqués dans la figure 6.

La figure 7 montre la disposition pour le tarage du galvanomètre, la pile étalon étant placée en P.

En opérant dans ces conditions j'ai toujours obtenu des résultats très comparables et concordant parfaitement avec ceux qui ont été donnés par d'autres expérimentateurs.

Néanmoins il ne faut pas oublier que la méthode que je viens de décrire n'a pas la prétention de se substituer à l'électromètre, mais qu'elle est simplement destinée à suppléer à son absence.

A.-H. Noaillon.

APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ

A LA MANŒUVRE DES

SIGNAUX DE CHEMINS DE FER

Deuxième Série

3e article. (*Voir les numéros des* 12 *et* 19 *janvier* 1884.)

Les transmissions de mouvement dont il vient d'être question, ne sont pas les seules auxquelles M. Schæffler ait eu recours. Dans la disposition indiquée schématiquement à la fig. 25 et au croquis 26, une des extrémités de l'axe I porte un bras excentré N qui conduit l'axe B du disque au moyen d'une fourche-manivelle *x y*. Quand l'axe I fait un demi-tour, le bras de la fourche fait faire une oscillation de 90° à l'axe B. L'arrêt du mouvement du signal se produit précisément quand la fourche-manivelle est dans le plan horizontal de l'axe I, soit d'un côté, soit de l'autre.

Les signaux de M. Schæffler se manœuvrent au moyen de contacts simples. Le manipulateur employé à cet effet est représenté à la fig. 27. Il se compose d'une simple manivelle A que l'on amène sur l'un des deux contacts H ou F correspondant à l'arrêt et à la voie libre. La communication est établie entre les bobines 4 et 6 au moyen d'une lame de ressort B qui est coudée de manière à être écartée par un doigt *o* monté sur la manivelle A, lorsqu'on amène celle-ci de la position d'arrêt à la position de voie libre et *vice versa*. Dans ces conditions, ainsi que l'indique le schéma de la fig. 28, quand le disque est à voie libre, le courant électrique va de la batterie B à la touche I et de là à la touche 2 et dans la ligne L aux électro-aimants M et de là à la terre. Les ressorts *p q* n'étant pas au contact, le circuit de contrôle n'est pas fermé. Lorsqu'on fait passer la manivelle de la position de voie libre à celle d'arrêt, le circuit est interrompu, le signal se met à l'arrêt et le courant circule dans la ligne de contrôle W′, les ressorts *p q* étant au contact.

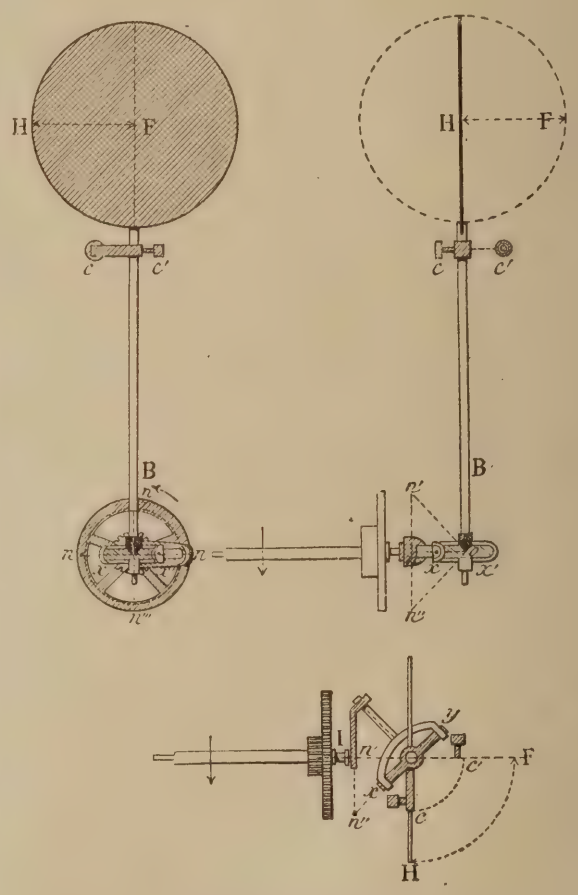


FIG. 25. — CROQUIS SCHÉMATIQUE DE LA TRANSMISSION PAR MANIVELLE A FOURCHE

Nous donnons enfin à la fig. 29 la vue extérieure de deux appareils de contrôle optique, et la vue intérieure d'une sonnerie de contrôle, employés soit dans le bâtiment de la station, soit dans la

maison des gardes, et placés dans le circuit de contrôle du schéma (fig. 28).

Outre le mérite ingénieux des dispositions cinématiques imaginées par M. Schæffler, l'une des

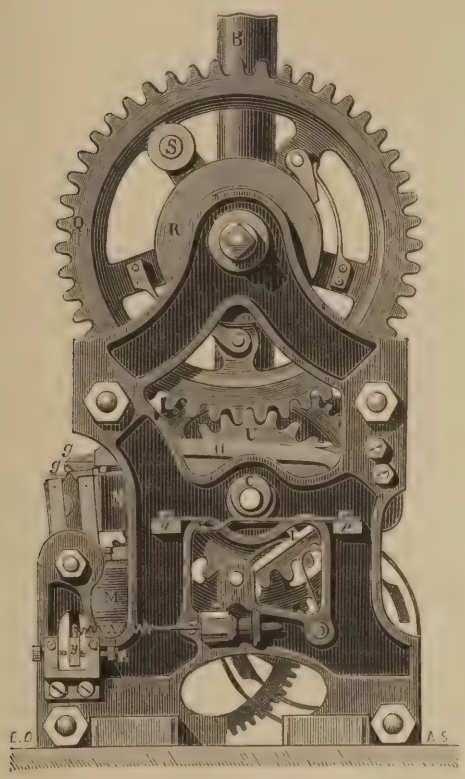


FIG. 26. — DISQUE SCHŒFFLER

qualités de ses appareils est le soin apporté à leur construction, en vue d'éviter les inconvénients qui pourraient résulter de la grande complication des mécanismes.

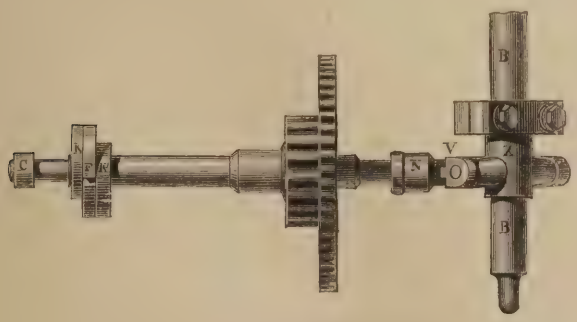


FIG. 26 bis. — DISQUE SCHŒFFLER

SYSTÈME KRICZIK

Ce type de signal est en usage sur le chemin de Pilsen-Priesen, Komotau, en Bohême et sur le réseau de Kronprinz-Rodolphe, dans le Salzkammergut.

Ainsi que l'indique la fig. 30, l'axe du disque S*o* est monté latéralement à la colonne S qui contient le poids moteur et qui porte, dans la boîte B, le mécanisme de déclenchement; une échelle Q permet d'y accéder. Le disque, qui a un mètre de diamètre, est percé d'un grand nombre de trous destinés à diminuer la résistance qu'il oppose au passage d'un vent violent; une ouverture centrale laisse passer la lumière d'une lanterne à quatre faces, deux vertes, une rouge et une blanche. Cette lanterne tourne avec le signal.

Examinons maintenant le mécanisme de déclenchement composé, comme la plupart de ceux que nous avons déjà passés en revue, d'un électro-aimant M, d'un déclenchement à fourche G *p q*, (fig. 31) d'un tambour monté sur l'axe *a* et sur lequel s'enroule la corde *t* du poids moteur, et d'une

FIG. 27. — MANIPULATEUR SCHŒFFLER

roue R qui peut tourner dans le sens de la flèche, quand ce poids descend, mais dont le mouvement inverse est arrêté par le cliquet K.

Lorsque le courant passe et cesse de passer dans l'électro-aimant M et que la fourche G s'incline, l'extrémité *e* du levier de déclenchement H, tombe entre les bras de la fourche, le bras H^3 s'incline et commande au moyen d'une goupille qui se meut dans la rainure du levier N, l'échappement du doigt *n*; le bras d'arrêt *c* est alors dégagé et le système se met à tourner.

L'appareil est réenclenché au moyen d'un bras *m* fixé sur le même axe *x* que le levier H et qui est atteint et relevé, au bout de chaque demi-tour par un doigt d_1 ou d_2 monté sur l'axe *a* de la roue principale R. Le doigt d_2 est plus long que le doigt d_1, de manière que la pièce *c* est replacée sur *q* quand c'est d_2 qui fait l'enclenchement, et sur *p* seulement quand c'est d_1. Il en résulte que, pour mettre le signal à l'arrêt, il suffit de lancer un

courant dans les bobines M et d'interrompre aussitôt, d'une manière permanente, ce circuit. Au contraire, pour ramener le disque à voie libre, comme *c* repose alors sur le bec le plus élevé *q*, il faut successivement envoyer un courant, l'interrompre, puis en lancer un autre sans interruption.

L'avantage de cette disposition se comprendra aisément; si un courant atmosphérique fait sentir son influence, l'interruption venant après une courte émission a pour effet, même quand le disque est à l'arrêt, de le mettre d'abord à voie libre, puis de le ramener à l'arrêt.

La transmission du mouvement de rotation de l'axe W (fig. 32) à l'axe *c* du signal, se fait au moyen d'une manivelle excentrée *k* dont le bouton *a* conduit une coulisse verticale *b* fixée, par les collets *t* à l'axe C. Chaque révolution complète de l'axe *a* fait avancer et reculer la coulisse *b* de 90°;

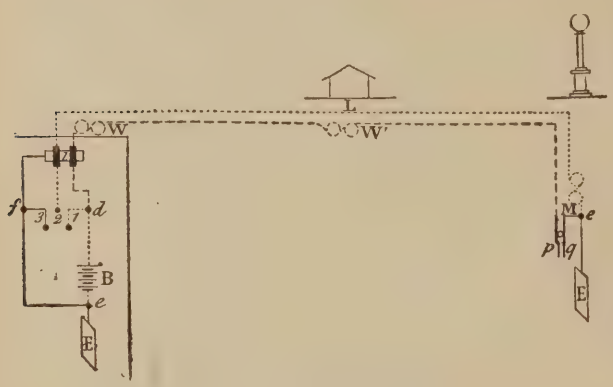


FIG. 28. — CIRCUIT DES DISQUES SCHŒFFLER

il faut donc un demi-tour pour faire changer le disque de position.

DISQUE DE LANGIÉ

Ce système figurait à l'Exposition universelle de 1878, où il a d'autant mieux attiré l'attention qu'en France on n'avait que peu ou point suivi les tentatives des constructeurs autrichiens, en vue de manœuvrer les disques par l'électricité, et que le mode de transmission du mouvement au mât du signal est, dans ce système, particulièrement original.

Quand aucun courant ne circule dans le fil de ligne, le prisme qui est à l'extrémité du levier de déclenchement *d* (fig. 33), est entre les bras de la fourche g_1 et arrêté par le bec de droite *o*. Lorsque le circuit est successivement fermé, puis interrompu, il se produit une double oscillation de la fourche g_1 qui est solidaire de l'armature *a* de l'électro-aimant E, le prisme échappe successivement aux deux becs *o* et *p*, et le levier *d*, entraîné par le poids du secteur *g* dont le centre de gravité est à la gauche de l'axe *w*, est déclenché. Une pointe *x* fixée à ce secteur appuie sur le bras *y* d'un levier oscillant autour de l'axe *r*; l'autre bras du levier vient alors buter contre le bord de la roue R et fait sortir le bouton *u* d'un des crans *v* où il était encastré, empêchant la roue R de tourner.

Le mouvement d'horlogerie est alors déclenché et la roue principale se met à tourner jusqu'à ce que la première pointe *i* qui se présente vienne buter contre le levier L de manière à amener le contrepoids *g* à sa position initiale. En même temps le taquet *u* s'engage dans le cran suivant *v* et le levier *d* se remet en prise dans la fourche avec le bec *p*. Comme d'ailleurs, les pointes *i* sont alternativement plus ou moins éloignées du centre M, l'enclenchement du levier *d* a lieu tantôt avec le bec *p*, tantôt avec le bec *o*, suivant la position du disque, et l'on obtient exactement le même résultat qu'avec le système précédemment décrit. Ce sont les pointes les plus éloignées du centre qui opèrent l'enclenchement quand aucun courant ne circule dans le fil de ligne; ce sont, au contraire, les plus rapprochées qui agissent quand le courant passe et que l'armature *a* est en contact avec la bobine E.

La transmission du mouvement de rotation à l'arbre du disque et la transformation de ce mouvement en une oscillation alternative de 90° est réalisée par une ingénieuse disposition cinématique. Un bouton pyriforme *r* (fig. 34) vissé sur l'axe du mât engrène avec une rainure pratiquée sur la gorge d'une large poulie concentrique à la roue principale R; lorsque la roue tourne avec la poulie, le bouton *r* décrit l'un des côtés d'un chevron et fait exécuter un quart de tour à l'arbre du signal. Comme, à chaque déclenchement, la roue tourne d'un dixième de tour, il en résulte qu'à chaque débrayage, le disque passe d'une position à l'autre.

Pour éviter les chocs que pourrait produire l'action directe des brisures de la poulie à gorge sur le mât, M. Langié n'a pas fixé le bouton *r* sur l'axe lui-même, mais sur une douille r_0 (fig. 35) qui est reliée à l'anneau v_1 par l'intermédiaire d'un fil de ressort épais f_1, de sorte que le fourreau élastique prend un peu de jeu avant de communiquer le mouvement à l'axe.

Au lieu du volant régulateur primitivement adapté à son appareil, quand le poids moteur était moins lourd, M. Langié, dans les derniers types qu'il a construits, a eu recours à un régulateur à ailettes, mis en mouvement par un système d'engrenages.

DISQUE BANOVITS

Le disque inventé par M. Banovits, inspecteur des chemins de fer de l'Etat de Hongrie, peut être manœuvré, soit au moyen de courants d'induction, soit par la rupture d'un circuit électrique continu. Le mécanisme qui commande la rotation du dis-

que est le même dans les deux cas; seul l'appareil d'embrayage et de débrayage offre quelques différences.

Examinons d'abord la disposition générale du mécanisme [1] : sur l'axe I du tambour *d* (fig. 36) et 37) est montée une roue d'engrenage *c*, folle sur cet arbre; au tambour est fixée une roue à rochet *b* qui engrène avec le cliquet *d* faisant corps avec l'un des bras de la roue *c*.

Lorsqu'on remonte le poids moteur, le tambour tourne dans le sens opposé à la flèche ponctuée, le cliquet *d* glisse sur les dents de la roue *b* et la roue d'engrenage *e* reste immobile. Si, au contraire, corde se déroule sous l'influence de la chute du poids moteur, la roue *c* est, grâce au cliquet *d*,

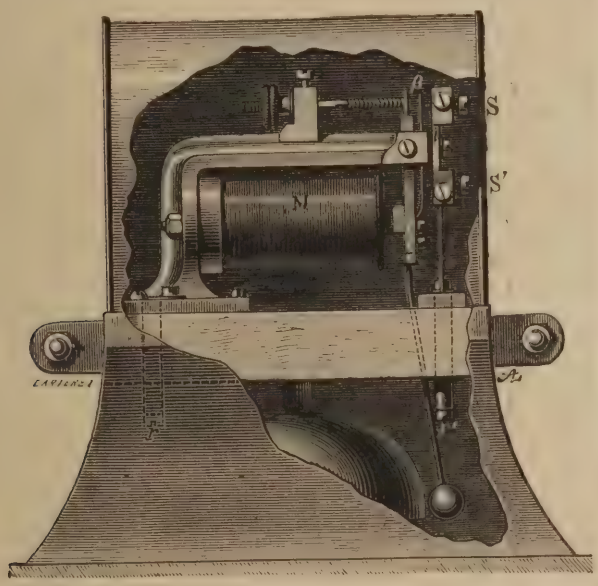


FIG 29. — APPAREIL DE CONTROLE OPTIQUE

rendue solidaire du tambour *a*; en tournant elle entraîne le pignon *e* monté sur l'axe II, et le nombre de ses dents est calculé de manière que le pignon *e* fait cinq tours pendant que la roue *c* n'en fait qu'un seul.

C'est sur l'axe II que sont montés :

1° L'appareil d'embrayage et de débrayage que nous décrirons plus loin;

2° Une roue à rochet *i* qui empêche le mouvement rétrograde du disque sous l'influence d'un vent violent;

3° Une roue *f*, à la circonférence de laquelle est fixée une bielle *g* qui commande la manivelle *h*, munie d'un contre-poids $\frac{h}{x}$ et, par suite, le secteur denté *h'*. Ce dernier, monté sur l'axe VIII, engrène avec un autre secteur H qui fait corps avec l'arbre du disque.

La bielle *g* est calée de manière que, quand son point d'attache sur la roue *f* occupe la position la

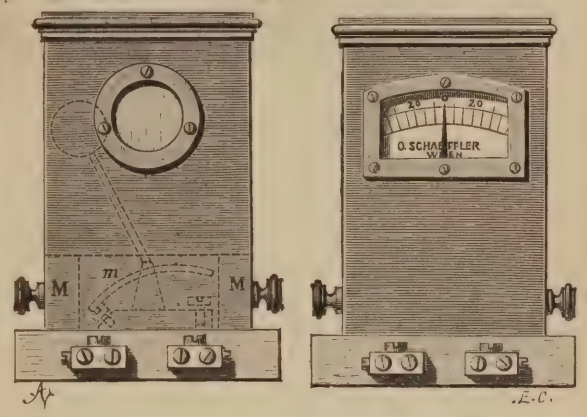


FIG. 29 bis. — APPAREIL DE CONTROLE OPTIQUE, SYSTÈME SCHŒFFLER

plus élevée de sa course, le disque est à l'arrêt. Il en résulte que, si l'axe II effectue un demi-tour, ce mouvement correspond à un quart de tour de l'arbre du disque et, par suite, à sa mise à voie

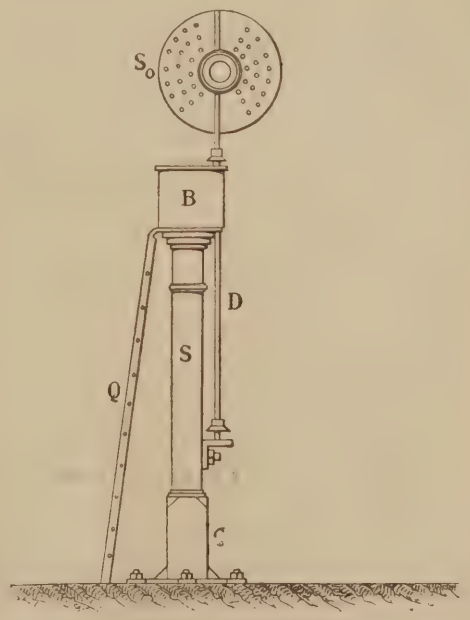


FIG. 30. — SIGNAL KRICZIK

libre; lorsque l'axe II achève le tour, la bielle *g* remonte, le secteur *h'* revient en arrière et le disque se remet à l'arrêt.

Quand le disque est dans cette position, un bras P fixé à son axe amène les deux ressorts isolés *q'* et *q''* et ferme ainsi le circuit de contrôle.

[1] Nous avons reproduit, en partie, les termes de notre description antérieure, en la simplifiant toutefois dans quelques-uns de ses détails. (*Revue générale des chemins de fer*, p. 486, — 1879.)

Un régulateur sert à atténuer la rapidité de ces mouvements ; il est disposé de la manière suivante : a roue *f* engrène avec un pignon à lanterne *s*, monté sur l'axe VI sur lequel est fixée la roue *t* qui engrène elle-même avec un deuxième pignon à lanterne *u ;* ce dernier met en mouvement l'axe VIII qui porte le régulateur à force contrifuge *w r z*. Cette succession d'engrenages a pour but d'amplifier la vitesse de rotation transmise à ce régulateur

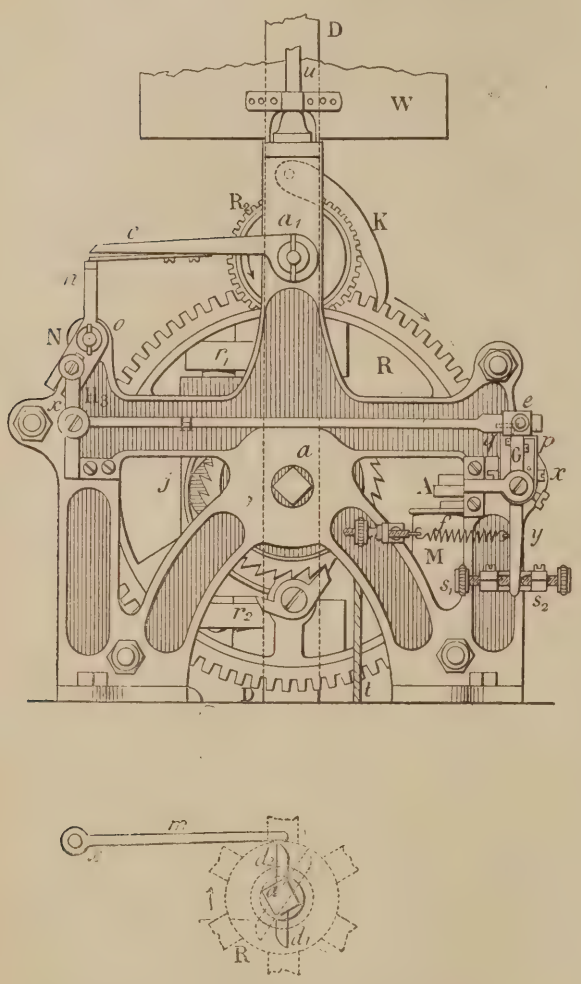


FIG. 31. — MÉCANISME DU DISQUE KRICZIK

qui est simplement formé d'un levier *w* aux extrémités duquel sont attachés deux ressorts circulaires portant deux sabots *r :* lorsque la vitesse est exagérée, les sabots s'écartent de l'axe et viennent frotter contre un cylindre *z* qui fait l'office d'un frein.

Embrayage et débrayage électriques. — Il résulte de ce qui précède que, chaque fois que l'axe II exécute une demi-révolution, le signal prend, soit la position d'arrêt, soit la position de « *voie libre* ». Le rôle du mécanisme d'embrayage et de débrayage électrique consiste donc à arrêter le mouvement de l'axe II, après qu'il a effectué une rotation d'un demi-tour, et à le laisser tourner, sous l'influence de la chute du poids moteur, lorsque l'on veut changer la position du signal.

A cet effet, l'axe II porte, à l'extrémité opposée à celle que nous avons déjà décrite, un bras E (fig. 38) dont la position oblique indiquée au croquis correspond à la position verticale de la bielle *g*. Sur ce bras E sont montés, à des distances inégales du centre, deux goujons α β dont l'un α vient buter contre la partie inférieure, et l'autre β, contre la partie supérieure de la came *s'*. Celle-ci est fixée sur le levier *k* qui oscille autour de l'axe III ; tant que ce levier, muni d'un contrepoids *k'*, est libre d'osciller, le passage du goujon α contre le contour inférieur de la canne *s'* force le bras *k* du levier à s'élever, tandis qu'au contraire, le goujon B, en contournant la partie supérieure de la came *s'* force le levier *k* à s'abaisser. Le mouvement de rotation de l'axe ne peut donc avoir lieu et le disque ne peut, par conséquent, passer d'une position à l'autre, qu'autant que le levier *k* peut s'élever ou s'abaisser : or ce levier est solidaire d'un échappement à ancre *l* dont la disposition varie suivant que le débrayage se fait au moyen de courants d'induction, ou d'un courant continu.

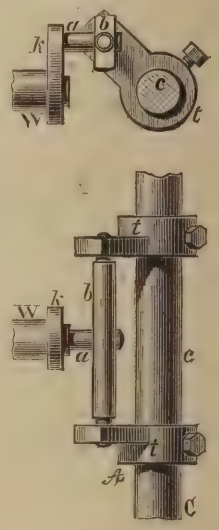


FIG 32.
TRANSMISSION DE MOUVEMENT, SYSTÈME KRICZIK

Cette ancre a trois bras dont l'un *l'* est muni, à son extrémité, d'une fourche ρ' ρ'' qui, dans le cas où l'on emploie l'induction, est armée de dents de scie, et dans le cas d'un courant continu, de simples taquets.

Examinons ce qui se passe dans ces deux cas :

1° Emploi de l'induction (fig. 38). — Au-dessous de l'ancre *l* se trouve installé un levier *m*, qui est muni, à ses extrémités, de deux crochets μ' μ'' placés dans des plans différents et percés d'ouvertures où peuvent respectivement pénétrer les dents de scie ρ' ρ''. Le levier *m* est, d'ailleurs, monté sur un axe V pivotant sur des pointes et solidaire de l'ancre à aimant constant *n*, à laquelle correspondent les électro-aimants *o' o''*. Ceux-ci ont leurs pôles de même nom dirigés vers la partie supérieure.

Dans ces conditions, supposons un instant que le goujon α butant contre la came *s'*, le disque

soit à voie libre, les dents de scie ρ'' sont arrêtées par le crochet μ'', et, par conséquent, le levier l est enclenché dans la position indiquée par la figure I, c'est-à-dire que la branche supérieure de l empêche le bras du levier k de s'élever sous l'influence de la poussée du goujon α sur la came s'.

Si, à ce moment, l'on vient à tourner la manivelle

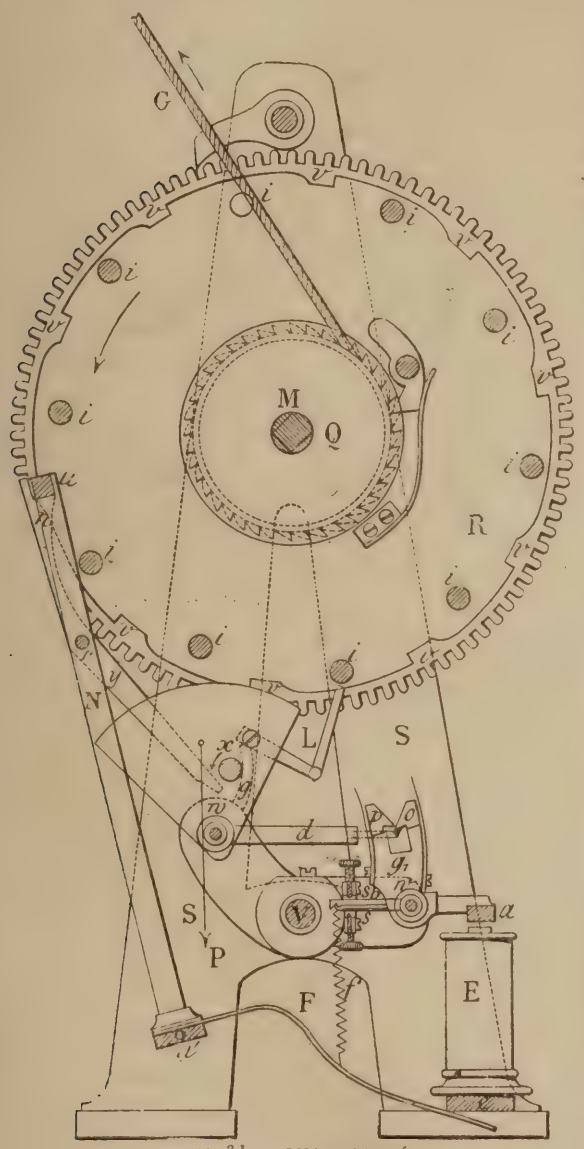


FIG. 33. — DISQUE LANGIÉ

de l'appareil d'induction situé au point d'où l'on manœuvre le disque, on fait naître une série de changements de courant dont chacun a pour effet de déterminer une oscillation de l'ancre n attirée ou repoussée par les électro-aimants ; ces oscillations se transmettent au levier m et chacune d'elles fait avancer une dent ρ'' dans le crochet μ''. Lorsque la dernière dent n'est plus en prise, le levier l oscille pour reprendre sa position d'équilibre et, par suite de ce mouvement, l'autre bras ρ' de la fourche vient se prendre jusqu'à la dernière dent dans le crochet μ'. Aussitôt le levier k, libre de s'élever, laisse passer le goujon α sous la came s' et l'axe exécute un demi-tour correspondant à la mise à l'arrêt du disque ; puis, le goujon β vient buter sur le dessus de la came s' et arrête le mouvement.

Pour remettre le disque à voie libre, il suffit de faire tourner de nouveau la manivelle de l'appareil d'induction : le levier l se déclenche de la même façon et cesse de s'opposer au mouvement de haut en bas que tend à prendre le levier h sous l'influence de la pression du goujon β. Ce dernier décrit le contour supérieur de la came s' et le bras E exécute encore une demi-révolution qui correspond à l'effacement du disque.

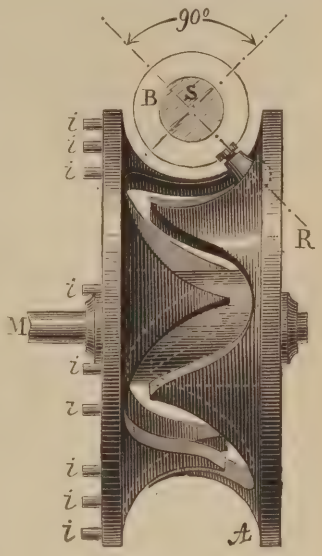


FIG. 34
ROUE A CHEVRONS DU SYSTÈME LANGIÉ

Nous avons admis l'existence de deux électro-aimants verticaux o' o'' ; rien n'empêcherait de les disposer horizontalement, ou de n'en placer qu'un seul (fig. 39) avec une armature ayant la forme d'un fer à cheval : le seul but à atteindre dans tous les cas, c'est l'oscillation de l'axe V sous l'action des changements de courant.

2° Emploi d'un courant continu. — Lorsque le débrayage et l'embrayage sont obtenus au moyen d'un courant galvanique ordinaire, la disposition de la fourche qui termine l'ancre l, comporte simplement deux dents ρ' ρ'' (fig. 39) qui peuvent être enclenchées par les crans μ' μ'' dépendant du levier m. Ce dernier porte un troisième bras vertical $\frac{m}{x}$ dont le mouvement peut être réglé par les vis R' R'' et auquel est, en outre, fixé un ressort de tension S.

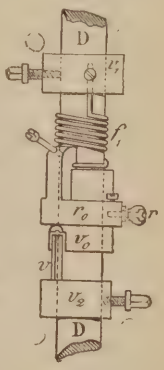


FIG. 35

L'axe V est alors mis en mouvement par une armature n qui est située vis-à-vis des électro-aimants o' o'' et qui peut être soit un aimant, soit un morceau de fer doux. De là dépend la direction des pôles des deux électro-aimants. Dans les deux cas, on obtient la mise à voie libre du signal, en faisant

passer un courant dans les bobines, et la mise à l'arrêt en interrompant le circuit.

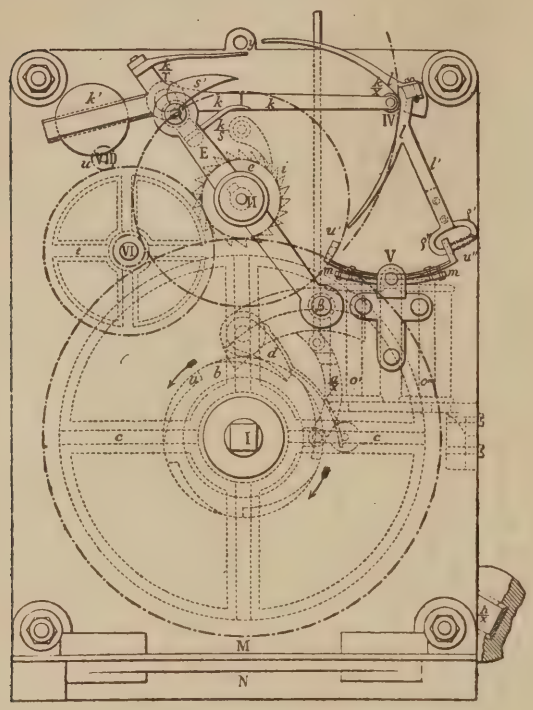


FIG. 36. — MÉCANISME DU DISQUE BANOVITS

Les mouvements effectués par les leviers *l* et K et par le bras E sont alors les mêmes que

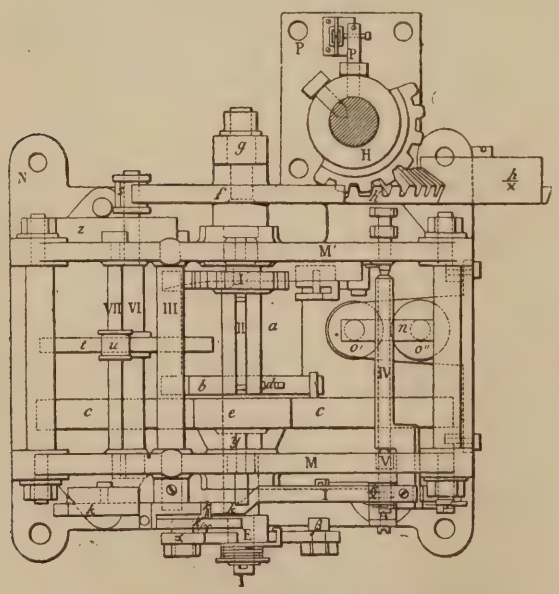


FIG. 37. — PLAN DU MÉCANISME DU DISQUE BANOVITS

ceux qui ont lieu dans le cas des courants d'induction.

Pour que le disque reste à l'arrêt, même quand la corde est entièrement déroulée et que le poids

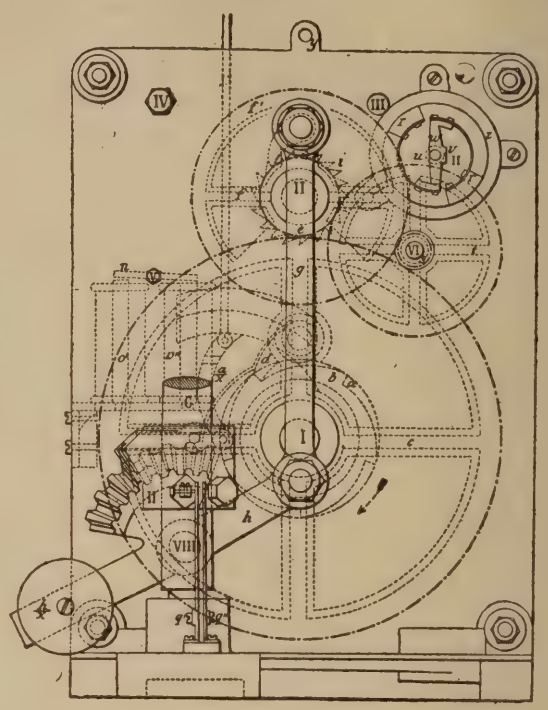


FIG. 38. — VUE DE COTÉ DE L'ÉCHAPPEMENT

moteur est au bout de sa course, cette corde est attachée non pas directement au tambour *a*, mais

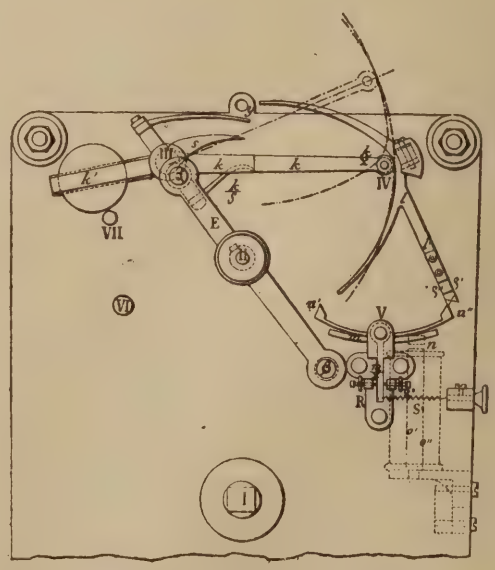


FIG. 39. — VUE DE L'ÉCHAPPEMENT DANS LE CAS DE L'EMPLOI

par l'intermédiaire d'une pièce A montée à charnière sur le tambour; lorsque le poids est à la fin

de sa course, cette pièce s'ouvre et butte contre un arrêt latéral qui fait corps avec la plaque M. Comme elle a précisément la dimension de l'un des crans de la roue *b*, on peut toujours disposer l'accrochage de manière que l'arrêt ait lieu précisément quand le disque est à voie fermée.

Le signal, représenté à la fig. 40, est un voyant A de forme circulaire monté à la partie supérieure d'une caisse pyramidale qui contient le mécanisme.

Ce signal a donné, paraît-il, jusqu'à présent de

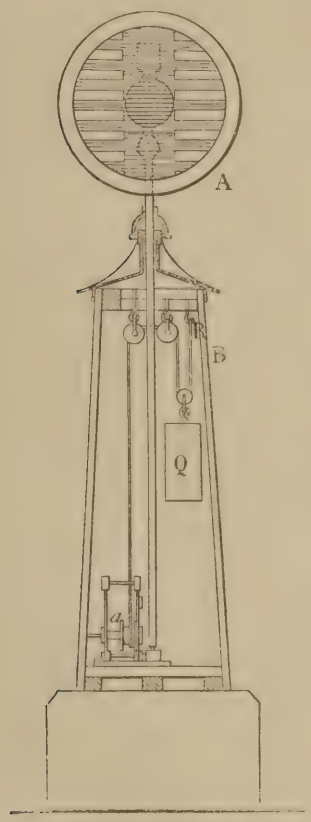


FIG. 40. — DISQUE BANOVITS

bons résultats : il ne se distingue des autres que par la simplicité des mécanismes transformant le mouvement de rotation du tambour. L'échappement est tout à fait original et s'écarte tout à fait de ce que nous avons vu jusqu'ici dans le cours de cette étude.

On peut se demander, avec quelque raison, si la complication de ce dispositif n'est pas au moins aussi grande que celle des fourchettes qu'il est destiné à remplacer. C'est une question à laquelle l'expérience prolongée de l'appareil permettra seule de répondre.

(A suivre) M. COSSMANN.

LES NOUVELLES INSTALLATIONS

D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

DANS

LES MAGASINS DE PARIS

Nous avons chaque jour à signaler de nouvelles installations d'éclairage électrique tant en France qu'à l'étranger. Malgré les conditions d'infériorité où se trouve placée la lumière électrique dans sa rivalité avec le gaz, peu à peu, néanmoins, nous la voyons gagner du terrain et prendre dans l'industrie une place qui va toujours grandissant. Les ateliers disposant de la force motrice les premiers lui ouvrirent leurs portes; parallèlement, les voies publiques, les théâtres, les jardins l'adoptèrent, et enfin les magasins où jusqu'à ce jour le gaz était resté le maître, offrent un débouché nouveau à l'électricité. Ce mouvement, quelque lent qu'il soit, existe en réalité, son importance est considérable et mérite qu'on y prête attention. Si l'on songe, en effet, que les grands centres n'existent pas encore, que le système de distribution, bien que résolu en théorie, n'a pas encore permis d'établir de canalisations et qu'il faut en toute installation placer les machines à côté même des foyers, n'y a-t-il pas lieu d'être étonné de voir augmenter successivement le nombre des applications, et n'est-on pas en droit de se demander ce que deviendra le gaz quand, dans un avenir prochain, le transport et la distribution de l'énergie électrique seront industriellement réalisés ? A ce moment les armes seront égales, l'abonné paiera l'électricité qu'il consomme comme il le fait aujourd'hui pour le gaz, et si dans les conditions actuelles, le premier éclairage offre, dans bien des cas, une notable économie sur le second, on peut juger par cela même ce qu'il en sera plus tard.

En attendant, on fait en petit ce qu'on fera en grand un jour. Toutes les industries qui ont la place disponible installent dans leurs sous-sols les machines qui alimentent les foyers de tout l'établissement, et, malgré les nombreuses difficultés qu'il faut vaincre souvent, les résultats obtenus sont déjà considérables. Les grands magasins de Paris, comme il devait être, sont entrés les premiers dans cette voie; le *Louvre*, le *Bon Marché* depuis longtemps se servent de la lumière électrique, et le *Printemps* qui, depuis sa réouverture, emploie les bougies Jablochkoff, complète, à mesure qu'il s'étend, une installation qui achevée sera des plus remarquables. Grâce à l'obligeante amabilité de M. Douglas Glendining, à la surveillance duquel est confié le service des dynamos, nous avons pu visiter la salle des machines qui, bien que loin d'être ce qu'elle sera après la démolition de

l'immeuble qui fait l'angle de la rue Caumartin et du boulevard Haussmann, mérite cependant qu'on la signale aujourd'hui. La force motrice y est fournie par deux machines à vapeur Corliss pouvant développer chacune 125 chevaux et que le Creusot y a installées. Accouplées sur l'arbre moteur dont la vitesse de rotation est de 70 tours par minute, elles actionnent par courroies les 11 machines Gramme auto-excitatrices actuellement en service et qui absorbent à peine une force de 220 chevaux pour alimenter deux cents bougies et environ autant de lampes à incandescence. Dans ce moment, on monte une troisième machine Corliss identique aux deux autres, pour l'éclairage des galeries en cours de construction, et une quatrième, enfin, sera mise en marche lorsque dans deux ans la construction complète de l'édifice sera terminée.

L'installation de la partie électrique qui est confiée à M. Bouly paraît avoir été très bien comprise, un soin extrême a dû être apporté dans la mise en place de tous les engins serrés les uns contre les autres et dans le fonctionnement desquels le moindre accident peut causer des avaries considérables.

La distribution du courant est celle que comportent les machines Gramme auto-excitatrices tournant à 1 250 tours par minute, elles alimentent chacune quatre circuits de 5 bougies ou de 32 lampes à incandescence, avec fils conducteurs d'un diamètre naturellement plus grand dans ce cas que dans le précédent, et actuellement, bien qu'il soit difficile encore de faire un rapport sérieux et complet, l'administration du *Printemps* a déjà pu, paraît-il, constater qu'elle réalisait une certaine économie sur ce que lui coûterait l'éclairage par le gaz à intensité lumineuse égale. Ce résultat n'a rien qui nous surprenne, eu égard au soin qui a présidé à cette installation. Nous insistons sur ce point avec intention d'autant qu'il nous reste une critique assez grosse à faire. Il s'agit de l'éclairage de la façade principale. Dans un précédent article nous avons déjà signalé le mode fâcheux de répartition des bougies à l'entrée de la rue du Havre, ou l'emploi d'appliques ne nous satisfait pas complètement.

Les raisons, nous les avons développées, nous n'y reviendrons pas; mais nous ne pouvons passer sous silence l'apparition des lampes à incandescence dans les deux pavillons du boulevard Haussmann et de la rue de Provence. Après tous les essais infructueux tentés dans ces dernières années pour allier entre elles la lumière des lampes à arc et celle de l'incandescence, il est étonnant qu'on ait tenté une nouvelle expérience de ce genre pour arriver encore aux mêmes résultats. D'abord les lustres employés manquent absolument d'élégance et ne conviennent pas pour supporter les petites lampes Edison qui se prêtent pourtant fort bien à d'agréables groupements. Leur légèreté demande des supports élégants et non quelque chose de lourd et de massif comme le modèle adopté au *Printemps*.

Pour un éclairage de luxe, il importe fort de ne pas négliger la partie artistique dans le montage des foyers, et, sans créer un nouveau modèle, les gravures de ce journal seules offriraient un choix considérable de suspensions légères et charmantes dont les récentes expositions ont permis la manifestation. Cependant, cette critique serait d'une importance secondaire si l'effet général était bon et si l'emploi des lampes incandescentes était judicieux en ce cas. Il n'en est rien malheureusement.

Chaque pavillon considéré séparément est fort bien éclairé, une teinte légèrement colorée convient très bien à l'éclairage des étoffes brillamment coloriées; mais la lumière crue des bougies avoisinantes vient tout gâter, et les deux installations placées là côte à côte se nuisent mutuellement. Si d'un côté la lumière de l'incandescence paraît rouge et peut faire croire que les lampes ne donnent pas ce qu'elles doivent, en revanche, en reportant les yeux sur la partie centrale après avoir considéré les pavillons, l'éclat des bougies paraît terne, l'éclairage est jugé très insuffisant. Les lampes à incandescence comme le régulateur ont leur place indiquée dans un grand nombre de cas, mais il faut les laisser seules et ne pas permettre par un mélange de couleurs une comparaison qui nuit aux deux lumières. Aujourd'hui le fait est bien connu et nous ne comprenons pas que dans cette installation du *Printemps* où l'on fait usage de 200 lampes à incandescence localisees dans les parties de l'édifice où leur emploi est judicieux, on ait distrait 60 lampes Edison pour les placer où elles sont.

A part ce reproche, nous n'avons, du reste, que du bien à dire du reste de l'éclairage. Les parties latérales de ce grand bazar ouvert de tous côtés sont d'un excellent effet, et sur tous les circuits la marche des bougies nous a paru d'une parfaite régularité.

Qu'on supprime donc les lustres de la façade, car c'est nuire à un système d'éclairage que de l'employer dans des conditions aussi défavorables; qu'on le remplace, ne fût-ce que par une seule bougie, et nous serons pour notre part heureux ne n'avoir plus rien à critiquer. — Il n'entre naturellement pas dans notre pensée que, si nous trouvons défectueux le mode d'éclairage dont nous venons de parler, nous préférions en thèse générale la bougie à la lampe à incandescence. Ces deux appareils présentent l'un et l'autre de grands avantages, suivant qu'on les envisage à des points de vue différents; ils peuvent l'un et l'autre donner d'excellents résultats, mais à la condition expresse

FIG. I. — ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES MAGASINS DU PRINTEMPS

qu'on ne mélange pas leur lumière. Si nous blâmons en effet l'introduction de lampes à incandescence dans le cas particulier qui nous occupe, nous verrions avec peine une bougie Jablochkoff suspendue au milieu des lustres des magasins Boissier, sur le boulevard, où la Société Edison vient récemment de faire une très heureuse installation de lampes à incandescence. Là, en effet, l'adaptation faite est excellente. L'espace à éclairer est relativement restreint et exige en outre une lumière colorée pour mettre en relief tout cet amalgame de couleurs variées et chatoyantes, résultant à la fois des motifs polychromes de sa décoration intérieure et des produits mêmes qu'il renferme. De gros foyers, à quelque système qu'ils appartiennent, eussent évidemment mal fait à cet endroit: il en eût d'abord fallu un trop petit nombre, et en raison de la forme des magasins, leur lumière intégrale eût difficilement pu être utilisée. L'emploi des lampes à incandescence était donc tout marqué, et nous sommes heureux d'en constater le succès.

Quinze lampes A de 140 ohms et soixante-dix du type B, dont la résistance n'est que de 70 ohms, ont été placées tant dans les magasins du rez-de-chaussée que dans le premier étage, où se fait le fait le travail de la réception et de l'expédition. La disposition des circuits est toujours la même, à savoir une lampe A ou deux lampes B en tension par dérivation sur la ligne principale, et n'est ici qu'un petit cas particulier de celle de l'Hôtel de Ville, dont M. Szarvady a, dans un numéro précédent, indiqué tous les détails.

De cela il ne faut pas conclure que les difficultés d'installation diminuent comme le nombre des circuits et des lampes. Ce qu'on peut faire pour un grand édifice, ne peut souvent pas être répété pour un petit local, car la canalisation n'existe pas, et s'il est toujours facile d'accrocher au plafond un lustre chargé de lampes, il n'est pas toujours commode de trouver un emplacement pour la machine génératrice de courant et son moteur.

C'est cette considération qui s'oppose d'une manière absolue à l'emploi général de l'électricité comme source de lumière; outre les règlements administratifs, on ne peut pas toujours placer une machine dynamo dans sa cave, et bien qu'actuellement les avantages du nouveau système d'éclairage soient bien supérieurs à ceux du gaz, celui-ci tiendra longtemps encore, car pour s'en servir, on n'est pas obligé de le fabriquer sur place.

Malgré cela, les petites installations succèdent aux grandes; on utilise comme on peut le peu de place dont on dispose et, comme dans le cas de la maison Boissier, on emploie encore le gaz; mais cette fois il sert non plus comme agent producteur de lumière, mais comme force motrice seulement.

Les prix de revient peuvent être, il est vrai, un peu plus élevés que dans le cas de la vapeur; néanmoins, les avantages qu'on retire des lampes électriques compensent largement les frais qu'ils nécessitent.

Quelquefois aussi la marche du moteur à gaz n'étant pas d'une régularité parfaite, les variations d'intensité font sentir les coups de piston; mais avec une machine à deux cylindres l'influence perturbatrice disparaît presque entièrement, et il faut le savoir et regarder attentivement le charbon des lampes à incandescence pour constater des variations d'intensité inappréciables dans l'éclairage général. Au boulevard des Italiens, le moteur est une machine Otto à deux cylindres de la force de 8 chevaux qui, tournant à 160 tours par minute, imprime à la machine Edison type Z une vitesse de 1 000 tours, de manière à la faire développer les 100 à 110 volts nécessaires. Comme on peut en avoir une idée d'après la gravure ci-jointe, les lampes ont été réparties par petits groupes dans des lustres de forme assez acceptable. Les appliques en forme de poire ne sont peut-être pas d'une grâce parfaite, mais cependant l'effet général est assez heureux. La quantité de lumière répandue est considérable et de beaucoup supérieure à celle que donnait l'ancien éclairage iau gaz. Les lampes A ont en effet un pouvoir éclairant de 16 bougies, et une lampe B équivaut à 8 environ, cela fait donc un total de 240 pour les uns, de 560 pour les autres, soit en tout 800 bougies environ. Qu'on réalise donc avec des becs de gaz une telle intensité lumineuse dans un local aussi restreint, et qu'on considère, outre les frais, la chaleur produite et l'acide carbonique dégagé, qu'on compare dans ces conditions les deux modes d'éclairage, et qu'on juge avec impartialité!

L'avenir est à l'électricité aussi bien comme agent de lumière que comme source de force; le progrès nous y mène, il est impossible de le nier, et les bouleversements que son introduction definitive amènera dans toutes les industries et par suite dans la société elle-même, sont peut-être moins éloignés qu'on veut bien le croire. Pour le moment, la marche est lente; on avance peu à peu, mais on arrivera sûrement.

En ce qui concerne la petite installation dont nous venons de parler, nous ne possédons pas de documents permettant d'établir d'une manière exacte les frais généraux qu'elle occasionne; mais ce que nous pouvons affirmer, c'est que les intéressés qui avaient fort à souffrir de l'excès de chaleur et de l'atmosphère viciée que leur donnait le gaz, n'ont qu'à se louer de leur nouvelle application; leurs produits délicats ont bien moins à souffrir que par le temps passé : « les bonbons ne fondront plus

FIG. 2. — LE MAGASIN OISSIER ÉCLAIRÉ A LA LUMIERE ÉLECTRIQUE

désormais, » nous disait quelqu'un en souriant..., que dans la bouche des amateurs, entendons-nous.

P. Clémenceau.

LES PREMIERS PAS

DE

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

2e article. (*Voir le n° du 19 janvier* 1884.)

A partir de 1848, les esprits semblent pendant une certaine période activement tournés vers la recherche d'une bonne lampe électrique, et les inventions se succèdent assez rapidement.

On voit d'abord en 1849, *Le Molt* reprendre l'idée de Wright et produire une lampe (fig. 14) à deux disques de charbon *c c'* mis en mouvement continuel par un rouage d'horlogerie.

Le mouvement était combiné de manière à rapprocher à chaque tour les disques de la quantité dont la combustion avait accru leur distance. Le Molt indiquait, en outre, dans son brevet la purification des charbons de cornue en les trempant dans un mélange d'acides nitrique et chlorydrique ou d'acide fluorhydrique.

Parmi plusieurs lampes de moindre importance, brevetées la même année, on remarque celle de *Pearce*, intéressante en ce qu'elle présente pour la première fois un *rallumeur automatique*, pour les cas accidentels d'extinction. Ce rallumeur est formé par un coin du charbon fixé à l'extrémité du levier de l'armature d'un électro-aimant que traverse le courant principal. Tant que la lampe fonctionne, l'armature est attirée et le coin écarté des charbons. En cas d'extinction, l'armature s'écarte sous l'influence du ressort antagoniste, et le coin vient mettre en communication les charbons pour s'écarter ensuite en raison du rétablissement du courant et produire l'allumage.

En 1852, *Roberts* breveta plusieurs dispositions dans lesquelles l'un des charbons est fixe et l'autre est rapproché chaque fois que l'arc s'éteint. Un de ces dispositifs est représenté figure 15. Le charbon supérieur est placé dans un tube E où il est retenu par une légère pression, tant qu'il n'a pas à supporter le poids d'une tige de fer H recouverte de laiton. Le tube E porté dans des guides est susceptible d'un mouvement de va-et-vient, il est relié par une articulation à un aimant oscillant M. Quand le courant s'établit, l'aimant M attire le poids H et est attiré en même temps par l'armature fixe I, il s'élève donc, jusqu'à ce que son autre bout touche la vis V, et produit ainsi l'écart des charbons.

Quand l'arc s'éteint, le poids H libéré fait descendre le charbon; en même temps l'aimant M oscille vers la droite.

Les charbons viennent en contact, et l'allumage se produit de nouveau comme précédemment. Cette lampe est, on le voit, intermittente.

Dans une autre disposition, Roberts maintenait le porte-charbon supérieur, guidé dans un tube, à l'aide d'un double cliquet.

La cessation du courant, lors de l'interruption de l'arc, dégageait ce double cliquet et, une fois que le courant était rétabli, il se trouvait resserré, en même temps que le porte-charbon était relevé, par un système électro-magnétique.

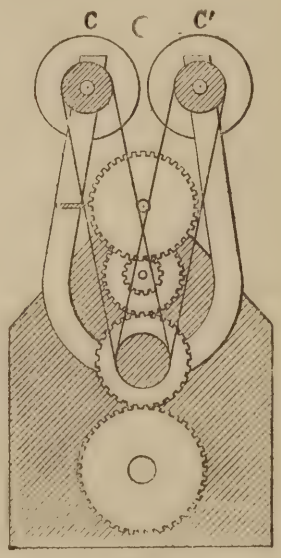


Fig. 14

La première disposition de Roberts est intéressante parce qu'on y retrouve la forme de la lampe Gulcher à aimant oscillant qui a été décrite dans *La Lumière Electrique*, vol. V, p. 371.

De la même année, 1852, date la lampe de *Slater* et *Watson* (fig. 16), dans laquelle on trouve pour la première fois le cliquet à rondelle employé plus tard par Brush.

Le charbon inférieur est fixe. Le porte-charbon supérieur, équilibré en partie par le contre-poids P, tend à descendre sous l'influence de la pesanteur, et son charbon vient naturellement toucher le charbon inférieur; quand on fait passer le courant, deux électros E E attirent leurs armatures A A et celles-ci entraînent dans leur mouvement deux rondelles C C qui coincent la tige du porte-charbon, la soulèvent et la retiennent jusqu'à ce qu'un affaiblissement du courant provoque le relâchement des rondelles et permettre au porte-charbon supérieur de descendre d'une petite quantité.

Slater et Watson avaient également construit une lampe du même genre dans lequel la rondelle d'embrayage était fixée à l'extrémité d'un levier commandé par une tige reliée à l'armature d'un électro-aimant, ce dernier était placé à la base de la lampe.

En 1853, *Cristopher Binks* (et non Banks, comme on l'a écrit quelquefois) prit un brevet dans lequel sont indiqués un certain nombre d'arrangements ingénieux.

En premier lieu, dans le but de diminuer les irrégularités de la lumière, il remplace les charbons simples par des faisceaux de tiges de charbon, en se servant de ces faisceaux pour les deux électrodes ou d'une tige simple pour l'électrode négative et d'un faisceau pour la positive qui s'use davantage.

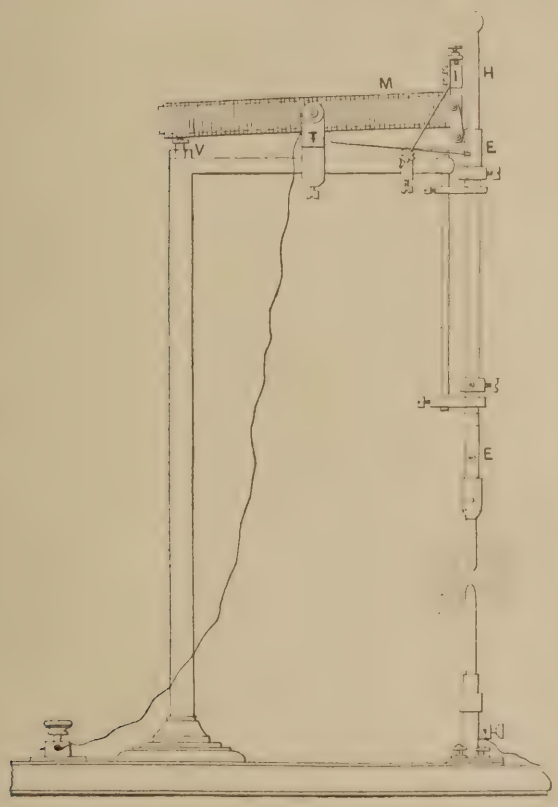


FIG. 15

Ce sont ensuite des procédés de fabrication des charbons à lumière, en employant pour cela le coke de lignite ou bien enduisant des fils de métal de substances goudronneuses et calcinant en vase clos. Il indique de préférence le goudron, la poix, le bitume, l'asphalte et la résine ou des mélanges de charbon finement pulvérisé ou du noir de fumée avec une matière agglutinante, de façon qu'en chauffant fortement on ait un carbone compact. Le fil métallique restait à nu à l'une des extrémités des tiges de charbon et lui servait à amener le courant.

Il indique également l'emploi pour supporter le charbon inférieur d'un flotteur qui s'élève à mesure que le charbon se consume. Il signale l'emploi du mercure comme électrode et propose d'imprimer aux charbons un mouvement continuel de vibration ou de produire continuellement des contacts et séparations successives de manière à superposer les brillantes étincelles de rupture.

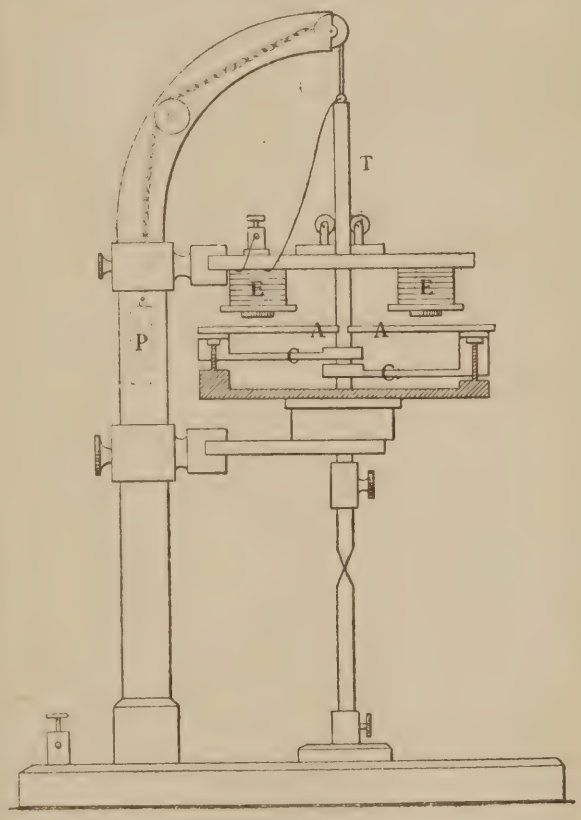


FIG. 16

Mais la partie la plus intéressante de son brevet est l'emploi d'un charbon cylindrique négatif à l'intérieur duquel se trouve la tige positive. On a là comme une sorte de *bougie*, mais comme la tige qui s'use le plus vite est intérieure, Binks la fait avancer peu à peu sous l'influence d'un mouvement d'horlogerie.

Comme modification à ce dispositif, il indique l'emploi d'un charbon positif long et étroit placé parallèlement à une bande plus large et négative. L'arc jaillit à l'extrémité des deux lames de charbon, mais la positive s'usant plus vite et étant d'ailleurs plus faible que l'autre, devait être poussée continuellement par un rouage d'horlogerie.

Binks, on le voit, avait côtoyé de très près bien

des inventions actuelles et en particulier la bougie.

En juillet 1855, *Chapman* fit breveter une lampe très bien comprise et que représente la fig. 17.

Le charbon supérieur, entraîné par un poids P, tendait à se rapprocher du charbon inférieur, il était cependant retenu par une corde enroulée autour de l'axe de la roue K. Les charbons étant au contact, si on faisait passer le courant, il traversait en série avec l'arc les deux électros A et B; les

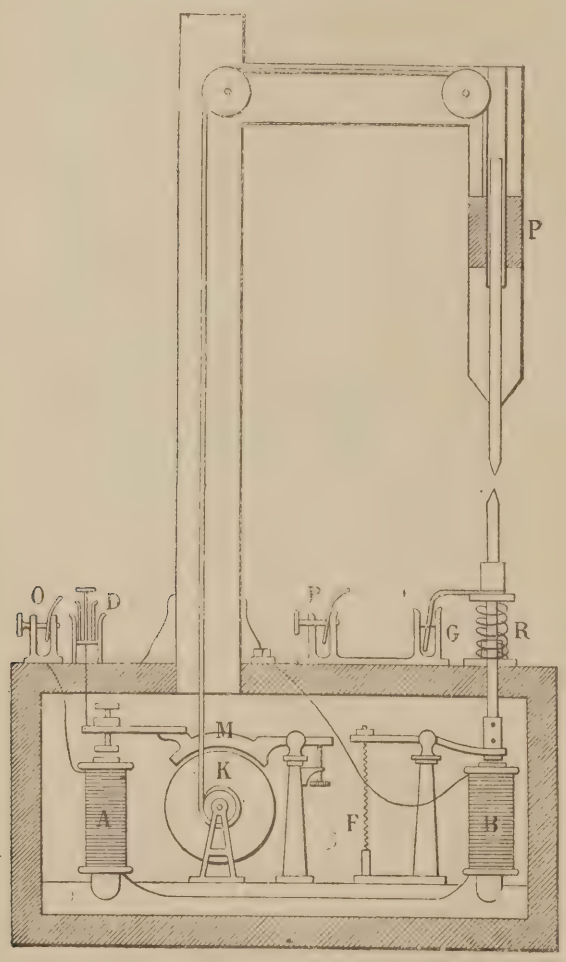


FIG. 17

deux armatures étaient attirées. L'armature de A serrait contre la roue K un frein M et arrêtait la descente du charbon supérieur, celle de B comprimant le ressort R abaissait le charbon inférieur et produisait l'écart. Dans la suite, l'allongement de l'arc produisant un certain relâchement de l'armature de A, desserrait le frein M et permettait la descente du charbon supérieur.

La même année 1855, fut brevetée une lampe intéressante au plus haut degré, celle de *Lacassagne* et *Thiers*, deux Lyonnais, l'un essayeur à la monnaie de Lyon, l'autre chimiste.

Le charbon supérieur était fixe, l'inférieur était poussé par une colonne de mercure arrivant dans le cylindre B (fig. 18) du réservoir A au travers du tube D; mais entre A et B le mercure avait à traverser les deux conduits *e* et *f* réunis à leur partie supérieure par un petit tube de caoutchouc E. Ce dernier était pressé par l'armature I d'un électro CC traversé par le courant principal, un autre électro en fil fin H, mis en dérivation sur l'arc, agissait sur l'autre extrémité de la même armature.

Une fois que l'arc avait été produit en déterminant l'écart à la main, l'armature I attirée par CC appuyait sur le caoutchouc et empêchait le mer-

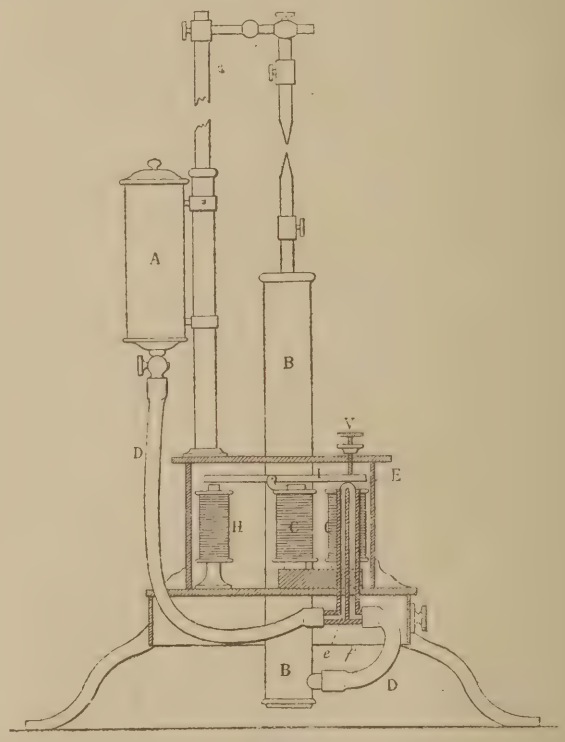


FIG. 18

cure de s'écouler vers B, mais quand l'arc s'allongeait, le courant s'affaiblissait en CC et, d'autre part, augmentait dans l'électro dérivé H. Ces deux actions s'ajoutaient pour dégager le caoutchouc et une petite quantité de mercure passant en B soulevait le charbon, les choses reprenaient leur premier état et ainsi de suite.

Lacassagne et Thiers firent avec cette lampe de nombreuses expériences d'éclairage public. Ils éclairèrent d'abord, en juin 1855, le quai des Célestins à Lyon; puis leurs expériences furent répétées en juillet, sur la terrasse de Château-Beaujon, chez le peintre de marine Théodore Gudin. En octobre 1856, ce fut le tour de l'avenue des Champs-Elysées éclairée du haut de l'arc de triomphe de l'Etoile; enfin, après divers autres essais, les deux

inventeurs entreprirent l'éclairage permanent avec deux foyers de la rue Impériale à Lyon, mais la mort de Lacassagne vint arrêter l'expérience.

On peut dire que Lacassagne et Thiers ont contribué dans une large mesure à populariser la lumière électrique, et il faut reconnaître d'autre part, que leur appareil était des plus remarquables. Il était basé sur l'action combinée de deux organes électromagnétiques placés l'un dans le circuit principal, l'autre en dérivation sur l'arc; il constituait réellement la première lampe différentielle et fonctionnait avec une précision qui n'est guère dépas-

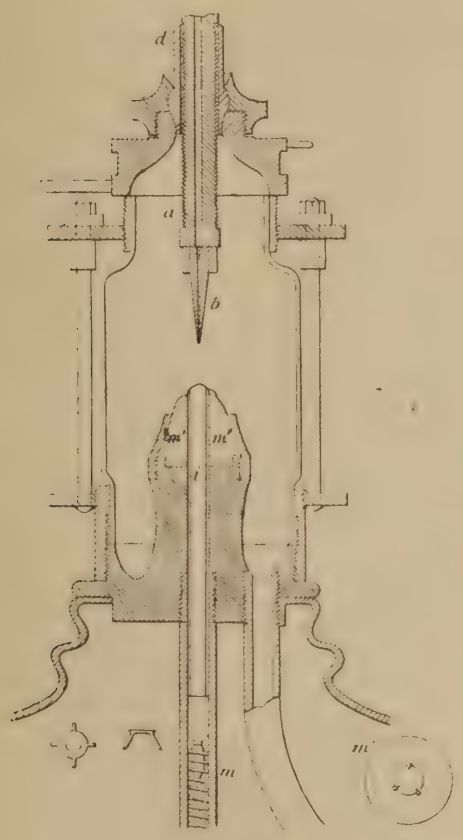


FIG. 19

sée aujourd'hui. D'un autre côté, on y trouvait pour la première fois le principe d'hydrostatique qui a permis à MM. Sedlaczek et Wilkullil de construire leur lampe pour locomotives.

Vers la même époque, M. Jaspar avait combiné une modification de la lampe Archereau, qu'il avait présentée à l'Exposition universelle de 1855. Il n'avait aucunement changé le principe de l'appareil et n'avait fait qu'en perfectionner la marche à l'aide d'une combinaison judicieuse de cordes, de poulies et de contrepoids. Ce régulateur fut d'ailleurs souvent modifié par son auteur avant d'arriver à la forme plus pratique qui lui a été donnée dans ces dernières années. Aussi ne faisons-nous que le mentionner ici.

En 1856, il faut noter l'emploi par plusieurs inventeurs du mercure ou de métaux fondus comme électrodes. La figure 19 représente un appareil de ce genre dû à *Way*, le mercure arrive d'un réservoir supérieur sur l'ajutage réfractaire *b* qui termine le tube *a;* l'autre électrode est formée par un charbon *i* poussé par un ressort *m* et arrêté à sa partie supérieure par 3 griffes de platine disposées dans une masse réfractaire *m'*. Les vapeurs du mercure dégagées dans l'arc donnaient à la lumière un éclat particulier, mais elles étaient très dangereuses, et causèrent, paraît-il, la mort prématurée de l'inventeur.

Citons encore à la même époque la lampe de Deleuil dans laquelle le porte-charbon inférieur

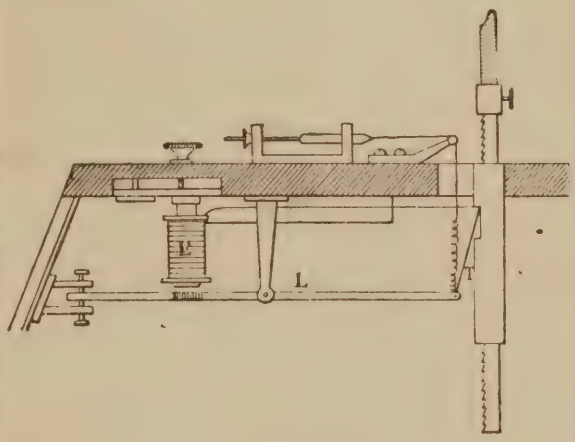


FIG. 20

formé par une sorte de crémaillère à rochet, était poussé au fur et à mesure du besoin par un levier.

Un électro-aimant E parcouru par le circuit principal maintenait abaissée l'extrémité T d'un levier L; quand l'arc augmentait de longueur, l'affaiblissement du courant, provoquant le relâchement de l'armature, permettait au ressort antagoniste de soulever le levier L et de faire avancer le porte-charbon par l'intermédiaire de la tige T.

Nous arrivons enfin, au commencement de 1857, à la lampe Serrin qui marque une époque. Serrin introduisit dans son régulateur un principe nouveau, le rouage d'horlogerie ayant pour moteur le poids d'un des porte-charbons et dont le dernier mobile était embrayé ou débrayé par un organe électromagnétique compris dans le circuit principal.

Staite et Foucault avaient bien employé des rouages moteurs, et celui-ci même l'embrayage du dernier mobile par un électro-aimant régulateur; Staite avait bien aussi employé comme amortisseur

un rouage à ailette mené par le porte-charbon; mais on n'avait pas encore combiné l'emploi du porte-charbon comme moteur avec l'embrayage du mouvement d'horlogerie par l'organe électromagnétique régulateur. Le système présentait de grands avantages en ce sens que la différence de vitesse existant entre le premier et le dernier mobile du rouage permettait de faire mouvoir de très petites quantités les porte-charbons. Le principe a d'ailleurs été souvent employé depuis et se retrouve encore dans bien des lampes toutes récentes.

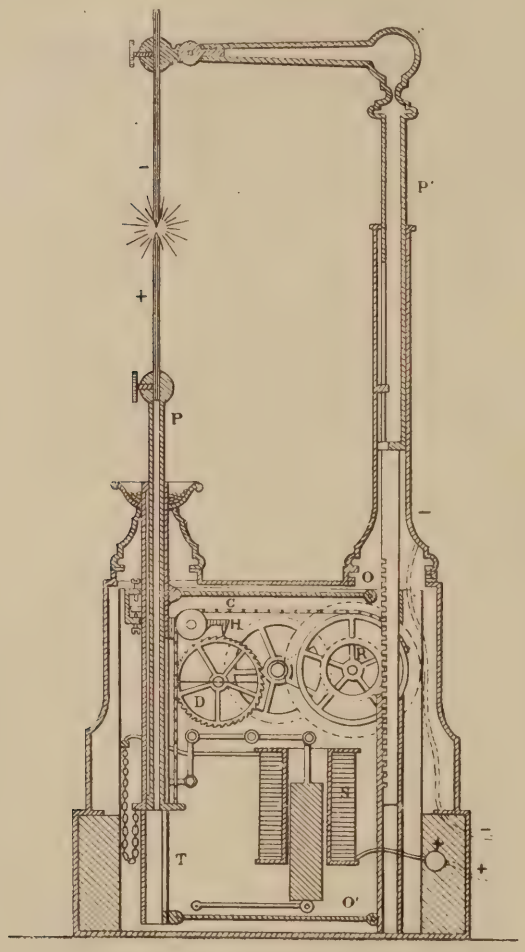


FIG. 21

La figure 21 représente l'une des premières formes du régulateur Serrin. Le porte-charbon supérieur P' formé par une crémaillère engrenait avec une roue dentée R, et, par une chaîne C, tendait à faire avancer d'une quantité double le porte-charbon inférieur P qui glissait dans un tube refendu T. Les charbons tendaient donc à se rapprocher sans cesse l'un de l'autre dans la proportion de leur usure et le point lumineux était fixe. Le tube T, lesté à sa partie supérieure par une coupe remplie de grains de plomb était articulé à deux tiges horizontales articulées d'autre part en O et O'. On avait ainsi une sorte de parallélogramme que pouvait commander un levier fixé au noyau du solénoïde S traversé par le courant.

Les charbons étant au contact, quand on faisait passer le courant, le noyau était soulevé, le levier supérieur abaissait le tube T et avec lui le charbon inférieur et produisait l'écart; en même temps, le doigt H fixé au tube T embrayait le dernier mobile du rouage. L'arc devenait-il trop long, le noyau du solénoïde était un peu relâché; le tube T s'élevait légèrement et le mobile D se trouvant dégagé, les charbons pouvaient avancer d'une petite quantité.

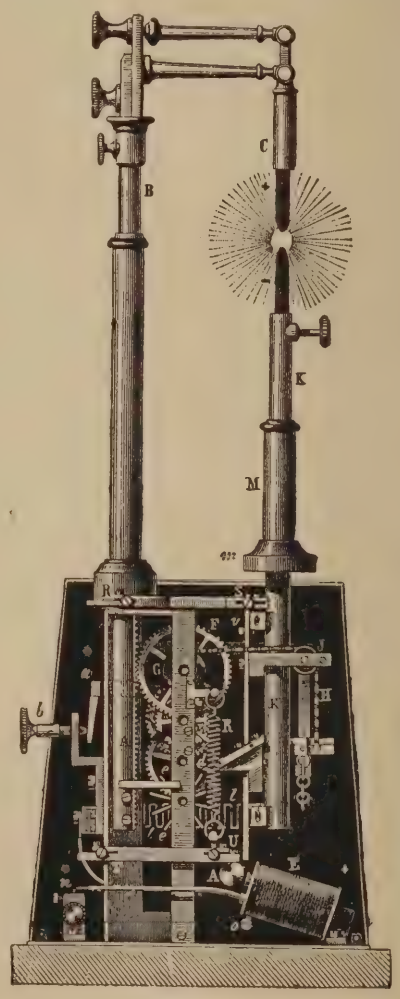


FIG. 22

La figure 22 représente la lampe Serrin dans sa forme actuelle. Le solénoïde y est remplacé par un électro, mais il est facile d'y reconnaître le même principe en général que dans celle que nous venons de décrire.

A partir de 1857 et dès cette année, le mouvement

continua, mais cependant la lampe Serrin resta la plus fréquemment employée et fut pour ainsi dire le seul représentant pratique de l'éclairage électrique, jusqu'au moment où, en 1876, l'apparition de la bougie Jablochkoff vint donner un nouvel essor aux applications de cet éclairage. On peut donc la considérer comme marquant une époque de l'histoire des progrès de la lumière électrique et l'on peut dire que son invention a terminé cette première période du développement de l'éclairage électrique que nous nous sommes proposé d'étudier dans cet article.

AUG. GUEROUT.

REVUE DES TRAVAUX
RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

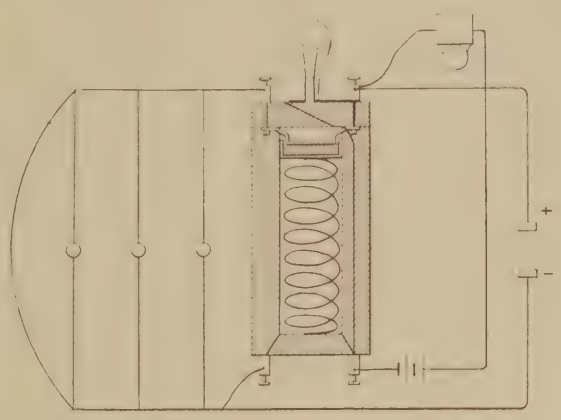
Thermo-avertisseur de M. D. Tommasi.

Dans les applications que l'on peut faire des machines dynamo-électriques, il importe que le circuit ne s'échauffe pas outre mesure, et pour éviter les effets dangereux qui pourraient en résulter, M. D. Tommasi a eu l'idée de leur appliquer un thermo-avertisseur qui prévient automatiquement quand ce degré est outrepassé.

Cet appareil se compose d'un bloc de bois dans lequel se trouve évidé un trou cylindrique occupé par un ressort en spirale, analogue à ceux des lanternes de voiture, qui soulève un petit godet de cuivre d'environ 1/2 centimètre de profondeur, lequel est rempli de stéarine ou de paraffine. Un fil de cuivre court d'environ 2 millimètres de diamètre se replie angulairement de manière à présenter au-dessus du godet une saillie qui s'appuie sur la stéarine, mais qui, à défaut de stéarine, pourrait s'appliquer sur le fond du godet et établir par cela même un contact métallique avec le ressort spiral qui communique d'ailleurs métalliquement avec une borne d'attache du circuit. Le petit fil de cuivre lui-même est fixé à deux bornes qui font également partie du circuit de la machine et dont l'une correspond à une sonnerie d'appel interposée, ainsi que le ressort spiral, dans un circuit local animé par une pile locale. Entre ces deux bornes d'attache et au-dessus de l'appareil, se trouve adaptée une lampe à incandescence à verre coloré qui se trouve introduite dans une dérivation du circuit de la machine, correspondant également au godet métallique rempli de stéarine.

L'appareil est placé près de la machine dynamo-électrique et le fil de cuivre coudé est interposé sur l'un des conducteurs près de son point d'attache avec la machine, et quand ce conducteur est échauffé à une température voisine de 60°, le fil de cuivre qui a partagé cette chaleur fait fondre la stéarine et arrive bientôt en contact avec le godet métallique, ce qui provoque une fermeture du courant de sonnerie et par suite un appel qui indique que la machine chauffe trop. En même temps, le circuit dérivé de la lampe à incandescence est fermé, et la lampe s'illumine indiquant de loin par sa couleur qu'il faut remédier à ce trop grand échauffement. C'est un second avertisseur qui peut suppléer à l'autre dans le cas où la sonnerie n'est pas entendue : on conçoit d'ailleurs que l'avertissement peut être favorisé pour un degré de chaleur donné, car on peut choisir le fondant de manière à se liquéfier à ce degré ou rendre l'échauffement du fil de l'appareil plus ou moins grand en modifiant son diamètre.

D'un autre côté, on peut obtenir automatiquement l'arrêt du courant en faisant couper le circuit par un électro-aimant Hughes mis en action sous



l'influence de la sonnerie d'appel que l'on peut disposer en relais disjoncteur.

Ce système de thermo-avertisseur est aujourd'hui employé sur les machines exploitées par M. Nothomb, en Belgique et il paraît qu'on en est satisfait.

La lampe à incandescence Cruto

M. Henri Gœtz, ingénieur à Zurich, vient de publier une étude intéressante sur la lampe Cruto (1). Cette lampe a paru pour la première fois à l'Exposition Internationale d'Electricité de Munich, où elle a été très remarquée : elle fut à cette époque l'objet des mesures entreprises par le Comité, concurremment avec les lampes Edison, Maxim, etc. (2), mais ces mesures n'étaient pas en nombre suffisant pour qu'il fût possible de formuler une appréciation définitive sur les qualités de la nouvelle lampe. Le travail de M. Henri Gœtz a pour objet

(1) *Centralblatt für Elektrotechnik*, n° 33.
(2) *La Lumière Electrique*, vol. IX, p. 454; vol. X, p. 81.

de combler cette lacune : nous y trouvons les résultats d'une série d'expériences qui déterminent tous les éléments de la question : variation de la résistance pour toutes les phases d'incandescence, travail absorbé et intensité lumineuse correspondante.

On sait que dans la lampe Cruto le filament s'obtient à l'aide d'un dépôt de carbone, provenant de la dissociation d'un carbure d'hydrogène sur un fil de platine porté au rouge. M. Henri Gœtz a cherché à déterminer les variations de résistance de ce filament pour un écart de température de 80° en opérant sur les lampes des types 1, 3 et 4. La simple inspection des résultats consignés dans le tableau ci-dessous permet de voir que les propriétés du filament, au point de vue de l'expérience se rapprochent tantôt de celles du platine et tantôt de celles du carbone pur, suivant le type de lampe considéré.

MESURE DE LA RÉSISTANCE

LAMPE	TEMPÉRATURE T = 1808 C	TEMPÉRATURE T = 9808 C
N° 1. . . .	W_0 = 22,2 U. S.	W = 24,1 U. S.
N° 3. . . .	W_0 = 60,5 U. S.	W = 50,3 U. S.
N° 4. . . .	W_0 = 97,6 U. S.	W = 94,5 U. S.

Si l'on applique à ces données la formule

$$W = W_0 (1 + a.t.)$$

qui permet de calculer le coefficient de résistance a pour chaque type, c'est-à-dire la variation de résistance pour une élévation de température de 1°C on trouve

N° 1. . . . . $a = +\ 0{,}00107$
N° 3. . . . . $a = -\ 0{,}00025$
N° 4. . . . . $a = -\ 0{,}00040$.

En répétant la même expérience, M. A. Gœtz a trouvé pour le carbone pur d'une lampe Swan

$$a = -\ 0{,}00071$$

et pour le platine

$$a = +\ 0{,}00200$$

Il est facile de conclure, en comparant ces différentes valeurs de a que le filament de la lampe n° 1 se trouve être le plus riche en platine et celui de la lampe n° 4 le plus pauvre.

On constate de plus qu'à la suite de l'incandescence même, la résistance se modifie et cela d'une façon permanente. C'est ainsi que pour la lampe n° 3 la résistance s'est abaissée de 60,5 à 33,5 unités Siemens au bout de deux heures d'incandescence et pour la même température extérieure bien entendu : le travail absorbé et l'émission de lumière n'avaient pas varié pendant ce temps. Il est d'ailleurs évident que cette propriété, commune à toutes les lampes qui n'ont jamais été portées à l'incandescence, a une limite pour laquelle la résistance demeure constante.

Pour déterminer le travail absorbé et la résistance, M. H. Gœtz mesure la différence de potentiel aux bornes de la lampe et l'intensité du courant qui la traverse. La figure 1 représente le schéma de la

FIG. 1

disposition adoptée pour l'expérience. L'intensité du courant qui traverse le circuit E, B, A, dans lequel se trouvent intercalés la lampe L et un galvanomètre des tangentes T, est donnée à chaque instant par la formule

$$i = \frac{R\,H}{2\,n\,\pi}\,\mathrm{tg}\,(u)\ \text{C. G. S.}$$

ou en ampères

$$i = 10\,\frac{R\,H}{2\,n\,\pi}\,\mathrm{tg}\,(u)\ \text{A}$$

expression dans laquelle

$$\mathrm{tg}\,(2\,u) = \frac{s}{D}$$

s étant le déplacement de l'index sur l'échelle et D la distance de cette même échelle au galvanomètre. Les valeurs des autres constantes de l'expérience : R le rayon de la base, H la composante horizontale du magnétisme terrestre, n le nombre de tours du fil, D la distance de l'échelle au galvanomètre se trouvaient être

R = 19,546 c. m $n = 2$
H = 0 2040 C. G. S. D = 159,10 c. m.

La différence de potentiel aux bornes A, B, s'obtient par la charge et la décharge à travers un galvanomètre G d'un condensateur placé en C. En I et en II se trouvent deux godets renfermant du mercure. Au point de vue de l'exactitude des résultats, il est indispensable que la charge prise par le

condensateur C soit proportionnelle à la force électromotrice de charge, et en même temps indépendante de la durée de cette même charge ; c'est ce dont M. H. Gœtz s'est assuré par une vérification préalable de l'appareil employé.

Dans ces conditions, on place entre les bornes A et B une force électromotrice connue P_1, et on charge le condensateur C en établissant la communication entre D et I, puis on le décharge à travers G en fermant le circuit entre D et II et on note l'angle de déviation U_1 du galvanomètre G. La théorie permet alors de mesurer une nouvelle force électromotrice quelconque P_2 correspondant à un angle de déviation U_2, car on sait que les différences de potentiel aux points A et B sont entre elles comme les sinus des demi-angles de déviation. On a par suite :

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\sin\left(\frac{U_2}{2}\right)}{\sin\left(\frac{U_1}{2}\right)}$$

ou

$$P_2 = \frac{P_1 \sin\left(\frac{U_2}{2}\right)}{\sin\left(\frac{U_1}{1}\right)}.$$

M. H. Gœtz s'est servi pour graduer son galvanomètre de 9 éléments Daniell constitués comme il suit :

Zn SO_4 Densité 1,15
Cu SO_4 Densité 1,15.

La force électromotrice se trouvait être, d'après les mesures du Dr H.-F. Weber

$$P_1 = 1{,}106 . 10^8 . 9 = 9{,}954 . 10^8 \text{ C. G. S.}$$

et le sinus du demi-angle de déviation

$$\sin\left(\frac{U_2}{2}\right) = 0{,}020535.$$

Connaissant à chaque instant l'intensité et la force électromotrice, on a en se reportant aux formules simples

$$W = \frac{P_2}{i} \quad \text{et} \quad A = P_2 i$$

la résistance W et le travail électrique A en mesure absolue pour chaque période d'incandescence.

Les intensités lumineuses ont été mesurées à l'aide du photomètre Bunsen, en prenant pour unité de lumière la bougie de stéarine du commerce. Au point de vue où s'est placé M. H. Gœtz, cette unité mal définie avait peu d'importance, puisqu'il s'est proposé tout simplement de déterminer l'émission de lumière en fonction du travail dépensé, et non pas d'une façon absolue. On s'explique, en restant dans le même ordre d'idées, pourquoi ses expériences ont porté uniquement sur la position verticale de la lampe.

Voici les résultats obtenus en opérant sur la lampe n° 2.

LAMPE CRUTO N° 2

EXPÉRIENCE	DIFFÉRENCE de potentiel en volts	INTENSITÉ en ampères	TRAVAIL en volt-ampères	TRAVAIL en kgm	RÉSISTANCE en ohms	INTENSITÉ en bougies S
1	5,69	0,160	0,909	0,093	35,6	—
2	11,34	0,294	3,339	0,340	38,5	—
3	22,17	0,539	11,944	1,217	41,1	1,2
4	25,52	0,611	15,602	1,591	41,7	2,3
5	27,33	0,644	17,595	1,793	42,5	3,3
6	29,05	0,681	19,774	2,016	42,7	4,4
7	30,99	0,710	21,998	2,242	43,5	5,85
8	32,29	0,742	23,949	2,441	43,5	7,2
9	34,01	0,772	26,261	2,676	44,0	9,2
10	35,78	0,801	28,658	2,921	44,7	11,8
11	37,47	0,817	30,634	3,122	45,8	15,7

On voit immédiatement que la résistance croît avec l'intensité : c'est l'inverse qui se produit pour les autres lampes. On se rend bien compte de la variation d'intensité lumineuse en fonction de l'énergie dépensée en se reportant à la courbe ci-jointe (fig. 2) qui a été tracée en prenant le travail électrique ($P_2 i = A$) pour abscisse et l'intensité lumineuse pour ordonnée.

M. H. Gœtz a également étendu ses expériences à une petite lampe Swan, et il a été conduit, en se plaçant dans les mêmes conditions, aux résultats suivants :

PETITE LAMPE SWAN

EXPÉRIENCE	DIFFÉRENCE de potentiel en volts	INTENSITÉ en ampères	TRAVAIL en volt-ampères	TRAVAIL en kgm	RÉSISTANCE en ohms	INTENSITÉ en bougies S
1	30,762	0,801	24,723	2,520	38,3	0,8
2	33,517	0,887	29,743	3,032	37,8	1,45
3	36,055	0,960	34,613	3,528	37,5	2,4
4	37,060	1,056	39,142	3,990	35,1	3,6
5	40,330	1,103	44,472	4,533	36,6	5,8
6	41,343	1,134	46,883	4,779	36,5	7,05
7	42,436	1,175	49,871	5,084	36,1	8,8
8	43,562	1,229	53,537	5,457	35,5	11,1
9	44,000	1,268	55,792	5,687	34,9	12,5
10	46,251	1,327	61,375	6,256	34,8	16,4

D'après les résultats des mesures du Comité à Munich, les coefficients de réduction par lesquels il faut multiplier les intensités émises par la lampe dans la position normale pour obtenir les intensités moyennes sphériques diffèrent très peu pour les lampes Swan et Cruto. On peut donc comparer ces dernières intensités qui sont de beaucoup les plus importantes en se reportant aux courbes

de la figure 2. Il est facile de voir que le travail est beaucoup mieux utilisé dans la lampe Cruto que dans la lampe Swan, puisque pour une intensité de 15 à 16 bougies S. le travail de la première est environ la moitié du travail de la seconde.

On sait que le Dr Voit a représenté ces courbes par une formule analytique très simple et exprimant que l'intensité croît proportionnellement au cube du travail dépensé. Dans cette formule

$$L = a.A^3$$

a est un coefficient, L l'intensité lumineuse et A le travail disponible dans la lampe. Il est à remarquer que d'après les recherches du Dr Voit, basées sur la méthode des moindres carrés l'expression ci-dessus s'accorde mieux avec les expériences qu'une des expressions $L_1 = a_1 A^2$ ou $L_2 = a_2 A^4$. On constate, dit M. H. Gœtz, en appliquant la formule $L = a A^3$ un écart entre les résultats calculés et les résultats observés qui atteint 10 et 12 o/o de la valeur observée. Si l'on admet au contraire la formule

$$L = a.A + bA^2$$

dans laquelle a et b sont deux constantes l'accord est bien plus satisfaisant. Cette relation, aussi bien que celle du Dr Voit, est purement empirique, aussi ne faut-il pas s'attendre à une rigueur absolue surtout pour de faibles intensités, mais dès qu'on aborde les intensités lumineuses de la pratique on trouve une concordance parfaite entre la courbe calculée et la courbe observée.

On peut d'ailleurs se rendre compte de l'approximation obtenue en considérant les deux tableaux qui suivent. Pour la lampe Swan qui a servi à cette étude, les constantes a et b tirées des expériences 4 et 9 ont pour valeur

$$a = -0{,}2184 \qquad b = +0{,}7933$$

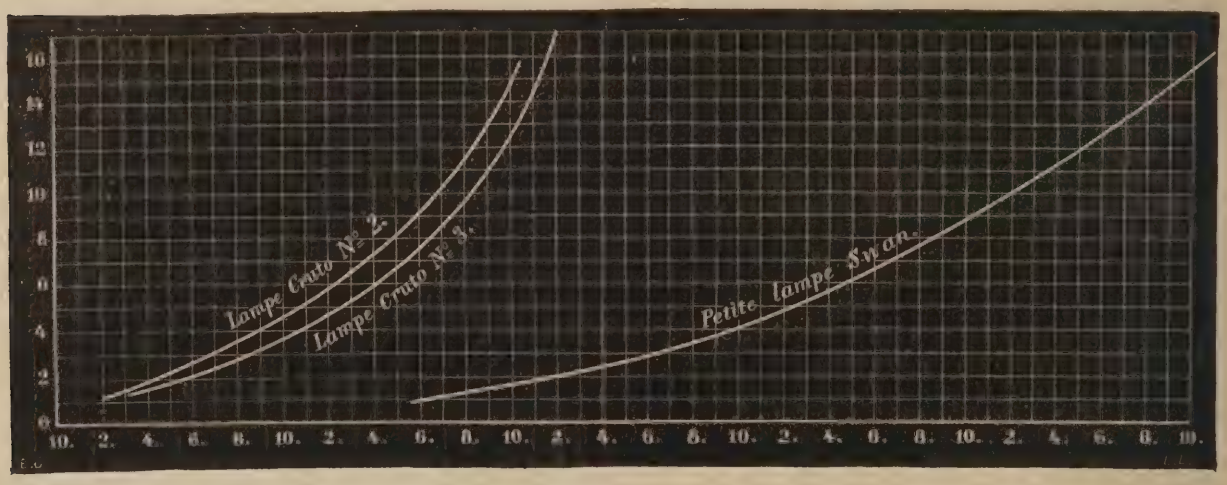


FIG. 2

Pour la lampe Cruto n° 2, les expériences 6 et 9 donnent

$$a = -0{,}167 \qquad b = +0{,}197$$

PETITE LAMPE SWAN

A	L calculé	L pris sur la courbe
30,0	0,6	1,5
35,0	2,1	2,5
39,142	3.6	3,6
45,00	6,23	6,1
50,00	8,91	8.9
55.792	12,5	12,5
60,000	15,46	15,46

LAMPE CRUTO N° 2

A	L calculé	L pris sur la courbe
12,0	0,83	1,2
15,0	1,92	2,1
18,0	3,47	3,5
19,774	4,40	4,4
22,0	5,87	5,87
24,0	7,29	7,29
26,0	8,97	8,97
28,0	10,77	10,8
29,0	11,73	12,3
30,0	12,72	14,1

On peut, d'après M. H. Gœtz, conclure de cette concordance que la courbe des intensités lumineuses, en fonction du travail dépensé est une parabole pour la lampe Swan aussi bien que pour la lampe Cruto.

La courbe de la lampe Cruto n° 3 affecte une allure analogue à celle de la lampe n° 2, tout en restant constamment plus rapprochée de l'axe des x. Les résultats des expériences faites avec cette lampe sont consignés dans le tableau ci-dessous :

On voit que la résistance diminue avec la température : ce résultat se laisse d'ailleurs prévoir d'après les observations faites au début de cette étude.

Les constantes a et b calculées à l'aide des expériences 6 et 9, et portées dans la formule donnent

$$L = -0{,}3277.\ A + 0{,}2411\ A^2.$$

LAMPE CRUTO N° 3.

EXPÉRIENCE	DIFFÉRENCE de potentiel en volts	INTENSITÉ en ampères	TRAVAIL en volt-ampères	TRAVAIL en kgm	RÉSISTANCE en ohms	INTENSITÉ en bougies S.
1	25,497	0,5197	13,251	1,351	49,1	1,4
2	28,66	0,5980	17,126	1,746	47,9	2,6
3	30,33	0,647	19,621	2,000	46,9	3,5
4	31,85	0,705	22,454	2,289	45,2	4,8
5	33,31	0,777	25,873	2,637	42,9	7,4
6	34,76	0,827	28,740	2,930	42,0	10,5
7	36,33	0,886	32,209	3 283	41,0	17,0

En effectuant les calculs, on arrive aux résultats suivants :

LAMPE CRUTO N° 3

A	L calculé	L pris sur la courbe	A	L calculé	L pris sur la courbe
20,0	3,1	3,65	28,0	9 72	9,6
22,45	4,8	4,8	28,74	10,5	10,5
23,0	5,22	5,2	30,0	11,87	12,4
24,0	6,01	5,9	31,0	13,02	14,2
25,0	6,88	6,7	32,0	14,20	16,5
26,0	7,78	7,5			

En dernier lieu, M. H. Gœtz a cherché à se rendre compte si le changement de résistance qui se produisait à la suite d'une certaine durée d'incandescence pouvait influencer l'émission de lumière en fonction du travail dépensé. Nous avons dit plus haut que pour la lampe n° 3, la résistance s'abaissait de 60,5 à 33,5 unités Siemens pour une incandescence de deux heures. Voici le résultat de cette nouvelle série d'expériences :

LAMPE CRUTO N° 3

EXPÉRIENCE	DIFFÉRENCE de potentiel en volts	INTENSITÉ en ampères	TRAVAIL en volt-ampères	RÉSISTANCE en ohms	INTENSITÉ en bougies S.
1	24,48	0 681	16,66	36,5	2,45
2	26,00	0,726	18,88	35,8	3,4
3	27,50	0,763	21,05	36,2	4,1
4	29,05	0,798	23,18	36,4	5,3
5	30,77	0,831	27,90	37,0	9,8

Les expériences furent brusquement interrompues à la suite d'un accident survenu à la lampe. La portion de courbe que ces données permirent de tracer se superposait exactement à la portion correspondante de la courbe n° 3 précédemment déterminée, ce qui permet de croire, dans une certaine mesure, que le changement permanent de résistance n'altère en rien les autres propriétés de la lampe. En tout cas, c'est un point qui demande vérification.

De l'ensemble du travail de M. H. Gœtz, on peut conclure que la lampe Cruto est un progrès sérieux réalisé dans l'éclairage par incandescence et qu'elle doit être préférée à la lampe Swan, à cause de la bonne utilisation de l'énergie dépensée, pour peu qu'elle offre dans la pratique les mêmes garanties de durée que cette dernière.

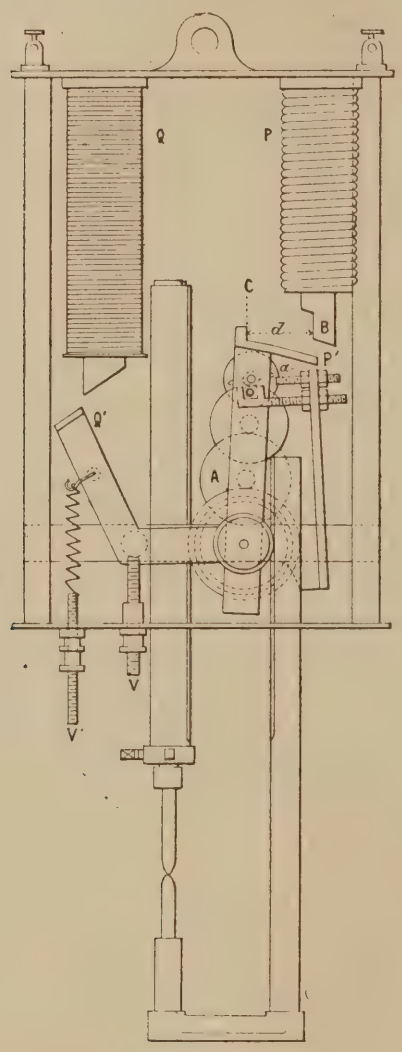
Lampe électrique de M. A. de Puydt.

Cet appareil, dans lequel on retrouve, comme dans beaucoup d'autres, le principe du régulateur Serrin, est rendu différentiel par l'emploi d'un second électro-aimant à fil fin en dérivation sur l'arc.

Le porte-charbon supérieur est plus lourd que l'autre. Chacun d'eux porte à sa partie supérieure une crémaillère qui engrène avec un pignon calé sur le même arbre que celui de l'autre porte-charbon. Ces pignons ont des diamètres tels que par leur action sur les crémaillères le point lumineux reste fixe, soit que le courant soit continu, et alors la vitesse du porte-charbon supérieur, qui est positif, par exemple, est double du porte-charbon inférieur; soit que le courant soit alternatif, et alors la vitesse des deux porte-charbons est la même. Sur l'arbre des deux pignons est calé le premier mobile d'un jeu d'engrenages A, mis en mouvement par le poids du porte-charbon supérieur. Le dernier mobile de ce jeu d'engrenages porte des ailettes qui peuvent être embrayées ou désembrayées par un doigt d'arrêt *a*, monté sur l'armature de l'électro-aimant Q à fil fin et long pour ne détourner qu'une fraction du courant et où passe le courant dérivé. L'électro-aimant P, qui est à gros fil, reçoit le courant de l'arc, et en attirant l'armature P′ fait osciller tout le jeu d'engrenages autour de l'arbre inférieur sur lequel sont calés les pignons des crémaillères.

Supposons que la lampe soit éteinte, c'est-à-dire que les deux charbons viennent bûter l'un contre l'autre. Si on fait passer le courant, l'électro-aimant P à gros fil attire la palette P′, et, ainsi qu'on vient de le voir, il agit sur les crémaillères des porte-charbons au moyen du jeu d'engrenages. Dans ce mouvement, les charbons sont écartés l'un de l'autre et l'arc jaillit. L'arc augmente-t-il de longueur, naturellement, par suite de l'usure des charbons, la résistance du circuit principal augmente, et, par conséquent, l'intensité du courant principal diminue ; mais alors l'intensité du courant dérivé qui circule dans la bobine à fil fin de l'électro-aimant Q augmente ; l'armature Q′ est attirée, et, dans ce mouvement, le doigt *a* débraye le jeu d'en-

grenages. Le porte-charbon supérieur agissant sur son pignon descend et fait monter le porte-charbon inférieur; l'arc diminue de longueur, et l'intensité du courant dérivé diminue. Remarquons que l'armature Q′ et l'embrayeur sont supportés par l'arbre d'origine du mouvement, et de telle manière qu'en tournant aussitôt après le déclenchement, cet arbre et le ressort de rappel ramènent de suite l'embrayeur dans sa position d'enclenchement. Ce



mouvement se produit en séparant nécessairement l'armature Q′ de l'électro-aimant Q, et la séparation se maintient, puisque l'intensité du courant dérivé diminue en même temps que la longueur de l'arc. Par ce moyen, les charbons ne se rapprochent que de très faibles quantités à la fois et à de très courts espaces de temps. Si la lampe vient à s'éteindre, le courant est interrompu, l'armature P′, obéissant à l'entraînement du porte-charbon supérieur et à l'action de Q′ par le ressort, se sépare de l'électro-aimant P, et les deux charbons viennent au contact, puis le rallumage se fait comme on a vu ci-dessus pour l'allumage.

Pour régler l'écart d'allumage, on enlève l'enveloppe du régulateur, on soulève le porte-charbon supérieur, et, pendant qu'il descend, on dévisse la vis V jusqu'à ce qu'il y ait entre la partie plane B des fers d'électro-aimant et le rebord *c* de l'armature une distance *d* de 12 à 13^{mm} pour la machine à 5 lumières Gramme, et de 18 à 19^{mm} pour la machine type d'atelier.

Pour maintenir l'écart donnant la longueur de l'arc, lorsque cet écart est trop grand, on desserre l'écrou de la vis V′, à laquelle est attaché le ressort de l'armature Q′, pour le débander légèrement; si l'écart est trop petit, on tend ce ressort jusqu'à ce qu'on ait obtenu un arc bien fixe.

L'indicateur de niveau électrique de F. May.

Au point de vue du contrôle des ouvriers chargés de la marche des chaudières il peut être avantageux de connaître à chaque instant et à distance

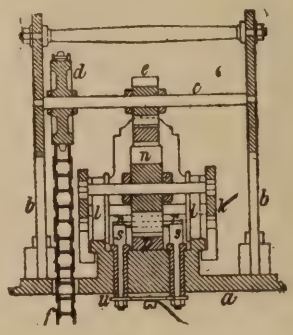


FIG. 1

le niveau exact de l'eau dans les bouilleurs. C'est dans ce but que M. F. May a construit un indicateur fort ingénieux qui permet de centraliser en un point de l'atelier, le bureau de surveillance par exemple, les indications de plusieurs générateurs de vapeur. L'appareil se compose en principe d'un flotteur ordinaire dont le mouvement vertical est utilisé pour fermer un certain nombre de circuits sur lesquels se trouvent montés des galvanomètres : on lit, à la simple inspection de ces galvanomètres, le niveau de l'eau dans les chaudières.

Voici comment cette disposition est réalisable dans la pratique. La chaudière porte un dôme à l'intérieur duquel on fixe une plaque *a* sur laquelle sont montées deux flasques *b*, en forme d'Y renversé, reliées entre elles par un arbre *c* (fig. 1 et 2).

L'arbre *c* porte une roue dentée *d* et un pignon *e*. La roue *d* emprunte son mouvement à la chaîne de Gall *f* dont l'une des extrémités communique avec le flotteur, l'autre avec un contrepoids. Quant

au pignon *e* il engrène avec une crémaillère *k* placée à la partie supérieure d'un chariot roulant. Ce chariot peut prendre un mouvement horizontal perpendiculairement à l'axe de la chaudière au moyen de quatre roues *l* qui roulent sur des rails. Au centre de ce même chariot se trouve une roue *n* à large denture; l'axe de *n* est maintenu entre deux glissières verticales disposées de façon à lui per-

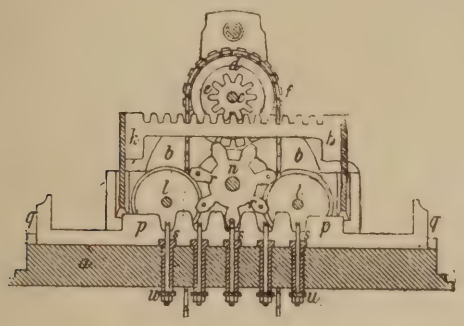


FIG. 2

mettre un léger mouvement de montée et de descente. Quand le système mobile se déplace, la roue *n* roule sur une crémaillère *p* munie à chacune de ses extrémités d'un arrêt *q* qui limite la course du chariot. Le socle *a* est traversé par dix conducteurs *s* reliés deux à deux par des traverses *u*

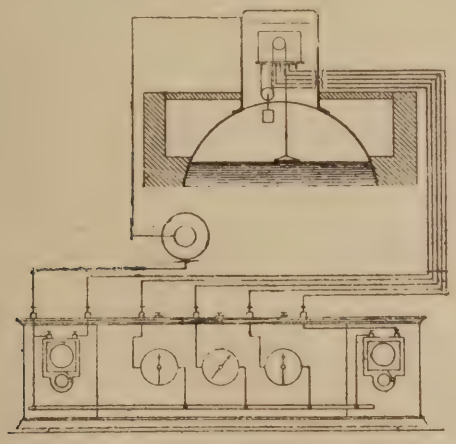


FIG. 3

et isolés de la masse métallique au moyen de manchons de porcelaine. Les pièces *s* sont situées dans des plans verticaux passant par les vides de la crémaillère *p* et dans le mouvement de la roue *n* elles se trouvent en contact avec les taquets *r* placés perpendiculairement au plan de *n*. La traverse *u* porte en son milieu une borne où vient s'attacher un fil conducteur garni de plomb. Ces fils, au nombre de cinq, traversent la paroi de la chaudière (fig. 3) et se relient après une ligne plus ou moins longue à trois galvanomètres et à deux appareils d'alarme qui communiquent d'autre part avec une batterie et enfin avec la roue *n*. L'ensemble de ces derniers appareils est disposé dans une boîte et placé à l'endroit où l'on désire centraliser les indications.

Le fonctionnement du système est des plus simples. Un tour complet de la roue *d* correspond à une différence du niveau de 20 cm.; le diamètre du pignon *e* est la moitié de celui de *d* il en résulte une course de 10 cm. pour le chariot. La fraction de course comprise entre deux touches *s* représente donc une variation de 5 cm. dans le niveau de l'eau. Lorsque ce niveau atteint la ligne basse ou la limite inférieure que l'on s'est donnée, le premier appareil d'alarme se fait entendre; à mesure que le niveau monte, les différents galvanomètres sont successivement déviés, car pour une différence de 5 cm. dans ce même niveau un des circuits se rompt et le suivant se ferme. En général il n'y a jamais qu'un circuit de fermé, cependant lorsque l'axe de la roue *n* se trouve placé dans le plan vertical passant par le milieu de l'intervalle compris entre deux fils *s* il y a double contact. Il résulte de là que, dans le cas considéré, le premier galvanomètre sera dévié pour une variation de niveau de 2 cm. 1/2 à 7 cm. 1/2 le second pour une variation de 7 cm. 1/2 à 12 cm. 1/2, et ainsi de suite.

En somme c'est un appareil plus ingénieux que pratique. Il est facile de relever un accident dans la ligne mais on ne surveille pas ce qui se passe à l'intérieur du dôme: le chariot peut fort bien, pour une cause ou une autre, s'arrêter à un moment donné et les indications des galvanomètres se trouver faussées. N'est-on pas en droit d'ailleurs de s'attendre à voir rapidement s'altérer ce mécanisme d'horlogerie qui est destiné à fonctionner dans une atmosphère de vapeur ?

Sur les communications téléphoniques.

On sait que le meilleur moyen d'éviter les effets nuisibles des courants d'induction qui prennent naissance sur les lignes téléphoniques est de faire usage de conduites doubles. Il en résulte évidemment une augmentation dans les frais de première installation; ce surcroît de dépense, relativement faible dans le cas où l'on a à relier entre eux deux réseaux téléphoniques aboutissant chacun à un poste intermédiaire, devient considérable s'il faut munir chaque abonné de deux fils. Il y aurait donc lieu de chercher une combinaison mixte et de voir comment il serait possible d'établir la communication entre deux abonnés en supposant que ces abonnés sont reliés chacun au moyen d'un fil simple à un bureau différent et que ces bureaux sont en rapport à l'aide d'une conduite double.

Cette question a été traitée par M. C. Elsasser

avec sa compétence habituelle dans le n° de décembre 1883 de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*. Nous empruntons à cette étude intéressante la disposition relative au cas où les deux postes intermédiaires communiquent entre eux au moyen d'un circuit complètement fermé comme cela est représenté d'une façon schématique dans la figure 1. Des lignes de ce genre ont été installées avec succès entre les villes de Malmœ et de Sund sur une étendue de 18 kilom. en Suède ainsi que dans plusieurs localités en Angleterre. Dans la figure 1, J_1 et J_2 sont des inducteurs, de telle sorte que le courant partant de M est transmis à N par une double induction en J_1 et en J_2. Au point de vue de la conversation c'est-à-dire du bon fonctionnement des téléphones M et N l'affaiblissement qui en résulte dans l'énergie du courant est peu important, mais il n'en est plus de même au point de vue de la marche des appareils d'appel. Si nous supposons par exemple un courant dirigé de M vers N et produit par une batterie ordinaire placée chez l'abonné M ce courant sera assez énergique pour

FIG. 1

faire marcher l'indicateur du relais I mais trop faible pour influencer l'indicateur du relais II et la sonnerie de l'abonné N. La première solution qui se présente à l'esprit est de renforcer la pile en M, mais on aurait alors une trop grande dépense d'énergie toutes les fois que M voudrait entrer en communication avec un abonné du réseau relié au poste I.

M. C. Elsasser a imaginé une disposition dont le principe consiste à intercaler dans le circuit à un moment donné des piles auxiliaires grâce à un jeu d'électro-aimants convenablement placés. On

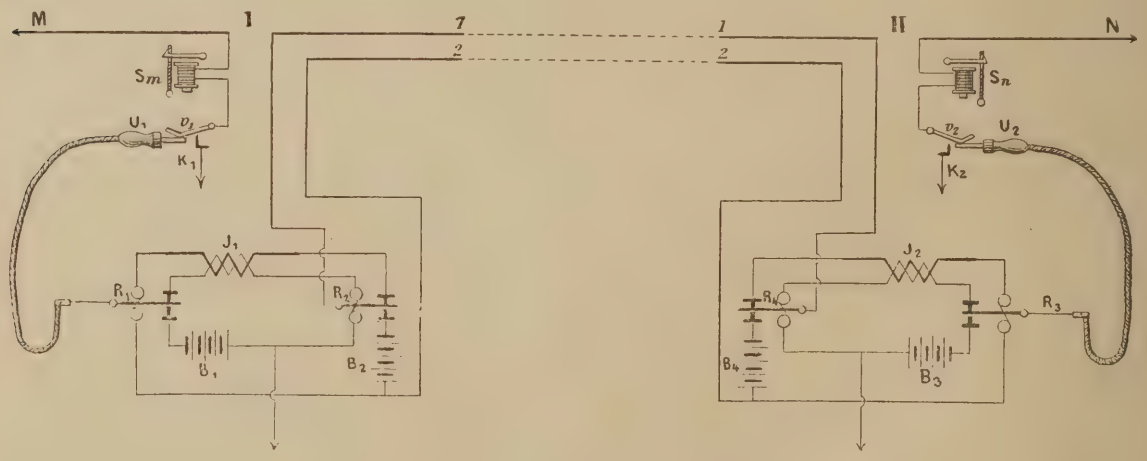


FIG. 2

voit en se reportant à la figure 2 que chaque poste se compose de deux relais R_1, R_2, et de deux batteries B_1, B_2. Les flèches indiquent les communications avec la terre. A l'état de repos il y a contact entre les pièces v_1, k_1 et v_2, k_2. Si maintenant l'abonné M veut entrer en communication avec N, il appuie sur son bouton d'appel, fait fonctionner l'indicateur S_m et demande au poste I la jonction avec N; cet ordre est transmis au poste II; les deux postes mettent leurs fiches U_1, U_2 montées à l'extrémité d'une corde métallique souple dans les trous des commutateurs correspondant aux indicateurs S_m et S_n et la sonnerie d'éveil peut résonner chez l'abonné N. La figure 2 représente la position des appareils au moment où tout est prêt pour le passage du courant d'appel de M en N : il reste à voir le jeu des relais quand ce courant vient à passer. Ls courant arrive de M passe par S_m, v_1, U_1 déplace l'armature du relais R_2 et se referme par la terre. Le jeu de l'armature en R_2 a intercalé la batterie B_2 dans le circuit fermé 1, 2; sous l'action du courant qui prend naissance l'armature du relais R_3 est déplacée à son tour et la batterie B_3 est introduite dans le circuit U_2, v_2, S_n, N et la terre : la sonnerie entre en jeu chez l'abonné N. Inversement lorsque N appelle M ce sont les armatures des relais R_4 et R_1 qui ferment le circuit sur le second pôle des batteries B_4 et B_1. Dès que

le courant d'appel vient à être interrompu, les armatures des différents relais reprennent leur position de repos. Au cours de la conversation ce sont uniquement les inducteurs J_1 et J_2 qui servent à transmettre le courant largement suffisant pour le fonctionnement des téléphones. Il est évident que dans cette installation l'un ou l'autre des deux abonnés peut donner le signal de la fin de la communication en agissant sur les indicateurs S_m et S_n ou bien S_n et S_m qui à ce moment se trouvent également au repos.

M. C. Elsasser termine son étude en faisant fort justement remarquer que cette disposition se prête aisément à une très grande extension vu le petit nombre des appareils qu'elle nécessite : nous sommes absolument du même avis sur ce point et nous ajouterons, ce qu'il a omis de dire, qu'elle lui fait le plus grand honneur.

Sur les courants telluriques, par M. L. Ludewig.

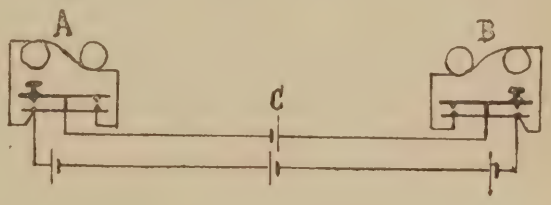
A l'heure actuelle, on est encore très ignorant des lois qui régissent les courants telluriques et leurs rapports avec le magnétisme terrestre. Il était question tout dernièrement et dans ce même recueil des expériences intéressantes entreprises à ce sujet en France par M. E. Blavier. En Allemagne on se livre depuis assez longtemps déjà à des recherches du même genre, et M. J. Ludewig vient de publier dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* (novembre 1883), un compte rendu des observations recueillies pendant la dernière période annuelle qui s'étend de novembre 1882 à novembre 1883.

Les résultats de ces observations confirment certains faits antérieurement connus et jettent un peu de lumière sur certains autres sans que toutefois il paraisse possible d'en tirer une conclusion générale. On pouvait d'ailleurs s'attendre à ce qu'il en fût ainsi, étant donné que cette étude se fait au moyen des lignes de service et qu'il est fort difficile de concilier les exigences d'une recherche scientifique avec celles d'une exploitation régulière.

A côté de cela, il faut signaler certaines lacunes : c'est ainsi que nulle part on n'a été à même d'observer durant les périodes de grands troubles magnétiques deux lignes parallèles, l'une souterraine, l'autre aérienne, or il est probable que dans ce cas, l'examen des courbes relevées de part et d'autre donnerait lieu à des conséquences intéressantes.

Quoi qu'il en soit, on peut dès maintenant considérer comme un fait établi l'influence des courants telluriques sur les lignes souterraines aussi bien que sur les lignes aériennes. Dans le premier cas, il faut admettre une induction à travers l'enveloppe isolante; dans le second, une dérivation par les supports ou une induction malgré la distance qui sépare les fils du sol, ou bien encore considérer l'atmosphère comme un conducteur d'électricité. Pour ce point particulier, les expériences recueillies jusqu'à ce jour ne permettent pas de sortir du domaine de l'hypothèse. Mais il est curieux de remarquer que cette influence des courants telluriques varie suivant l'établissement du circuit considéré. Quand on a affaire à deux circuits fermés en dehors de toute communication avec le sol, l'un aérien, l'autre souterrain, le premier de ces circuits sera plus influencé que le second; c'est l'inverse qui se produit alors qu'on effectue le retour par la terre.

Il y a donc lieu d'espérer qu'avec des lignes souterraines à circuit fermé, on pourra assurer la régularité du service, même dans les périodes de grands troubles magnétiques. En sera-t-il de même pour les lignes aériennes, si on supprime pour ces dernières la communication avec le sol? On ne saurait l'affirmer *à priori*, mais comme la question est d'un puissant intérêt pratique, on a pris toutes



les mesures nécessaires pour arriver à un résultat expérimental aussi précis que possible, dès que le premier trouble magnétique viendrait à se manifester. M. Ludewig nous apprend que depuis les orages violents qui se sont produits aux mois d'octobre et de novembre de l'année 1882, il n'est pas survenu de perturbation sérieuse, de sorte qu'il appartient à l'avenir de fournir les renseignements que l'on se propose d'obtenir.

Il n'est pas sans intérêt de dire quelques mots sur la façon dont on espère réaliser ces expériences en Allemagne. Dès qu'un trouble magnétique violent vient à se produire, les principaux postes télégraphiques ont ordre d'essayer de maintenir leurs communications en s'isolant du sol. Comme cette suppression brusque du retour par la terre augmente immédiatement et dans une proportion considérable la résistance de la ligne, on intercale dans le circuit les piles des stations intermédiaires. On a alors, dans le cas de l'appareil Morse, la disposition représentée d'une manière schématique dans la figure ci-jointe : A et B sont les têtes de ligne, C un poste intermédiaire. Si on employait l'appareil Hughes, on aurait encore une disposition également simple.

Pour ce qui concerne l'observation des courants d'une grande énergie, on a reconnu que les postes

affectés à l'étude constante des courants telluriques se trouvaient à ce moment en nombre tout à fait insuffisant pour donner même une idée approchée de la marche de ces courants violents.

De plus, les appareils dont ces postes sont munis deviennent complètement inutiles, attendu que les indications qu'ils tendent à fournir à l'instant consideré, tombent en général au dehors des limites de la graduation que ces appareils portent. Dans le but de combler cette lacune, on a désigné par avance un assez grand nombre de stations spécialement chargées de ce genre d'observations. Dès que ces stations constatent que l'usage de la ligne est devenu impossible, elles ont ordre de noter toutes les trente secondes la position de l'aiguille d'un galvanoscope intercalé dans le circuit. A la fin de chaque période d'expériences, on procède à la vérification en commun de la tare dans tous les appareils ayant servi à une même ligne, et on ramène ainsi toutes les indications à une même origine. Vu le grand nombre de stations disséminées sur le territoire, on espère arriver ainsi à connaître le mode de propagation des courants.

Nous souhaitons qu'un avenir prochain réalise ces espérances ; en attendant nous enregistrons les résultats des expériences qui ont eu lieu sur les lignes Berlin-Dresde, Berlin-Halle en Saxe, Berlin-Hambourg et Berlin-Thorn, pour lesquelles le retour s'effectue par la terre. Les observations se font de 5 h. à 7 h. du matin et servent à tracer des courbes qui, pour une même ligne, affectent généralement la même forme.

Sur les lignes aériennes et souterraines Berlin-Hambourg, les courbes présentent une allure régulière et des inflexions très douces, et accusent presque toujours un courant positif faible qui va de Berlin vers Hambourg. Entre 6 et 7 heures il se produit en général un minimum ; à ce moment, les courbes passent parfois par zéro et changent de signe ou bien encore elles restent parallèles à l'axe des abscisses dans le voisinage de zéro. Comme particularité intéressante, on remarque qu'à la date du 15 mai la courbe de la ligne aérienne reste tout à fait normale, tandis que celle de la ligne souterraine indique une absence presque complète de courant ; dans la matinée du 15 juillet, le premier courant est très énergique et atteint la valeur de trois éléments Daniell, alors que le second conserve son allure habituelle.

Les courbes relevées sur la ligne Berlin-Thorn offrent un contraste frappant avec les précédentes. Ici aussi on constate généralement un courant positif de Berlin à Thorn ; mais ce courant est souvent voisin de la ligne des zéros et change fréquemment de ligne. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que l'intensité du courant diminue sur cette ligne alors qu'elle augmente sur la ligne Hambourg-Berlin ; le zéro et le changement de ligne d'une des courbes, correspond en général au maximum de l'autre. Ce fait se laisse vérifier d'une façon très nette à la date du 1er juin : il n'y a qu'à retourner une des courbes pour la superposer à l'autre. Ce contraste persiste même dans les jours d'orage des mois d'octobre et de novembre 1882 : les points saillants se produisent simultanément de part et d'autre et même lorsqu'il y a écart, cet écart n'excède jamais 60 secondes.

Il est difficile de préciser la direction du courant Berlin-Halle : on ne constate rien de régulier dans la marche des variations qui sont fréquentes. Dans la matinée du 15 novembre, l'allure de la courbe est semblable à celle relevée sur la ligne Berlin-Thorn, avec un retard de quelques minutes pour cette dernière. A la date du 15 octobre, en revanche, on ne remarque plus aucune analogie.

Les observations n'ont pas été faites d'une façon régulière sur la ligne de Berlin-Dresde. Néanmoins plusieurs journées d'expériences ont donné lieu à des courbes qui paraissent se rapprocher de celles obtenues sur la ligne Berlin-Halle. Aux mois d'octobre et de novembre les troubles magnétiques n'ont pas été assez considérables pour arrêter le service de la ligne ; en revanche, à la date du 20 novembre, ce service a été complètement interrompu, et on a observé de $1^h 22'$ à $2^h 30'$ un courant énergique allant de Berlin à Dresde.

Ici se place une remarque très importante. Si l'on compare la courbe ainsi tracée avec celle de la déclinaison de l'aiguille aimantée obtenue dans le même intervalle de temps par un procedé photographique à l'observatoire de Wilhelmhaven, on reconnait que les deux courbes offrent une très grande analogie pendant toute la durée de l'expérience et une concordance absolument rigoureuse entre les limites $1^h 45' 30''$ et $1^h 48'$. Ce fait tendrait à confirmer une théorie émise par Lamout en 1862. Lamout disait : si l'on considère deux lignes télégraphiques situées l'une dans le méridien magnétique, l'autre perpendiculairement à ce même méridien, et qu'on intercale un galvanomètre dans chacun de ces circuits, les déviations de ces deux galvanomètres correspondent à chaque instant aux variations d'une aiguille aimantée. Une augmentation dans la declinaison répond à un courant tellurique allant du nord au sud et une augmentation dans l'inclinaison allant de l'est à l'ouest. L'expérience précédente justifierait pleinement cette loi ; malheureusement on a constaté sur la ligne Berlin-Thorn un accord parfait entre les courbes de déclinaison et celles des courants telluriques, alors que ces derniers se dirigeaient de l'ouest à l'est, de telle sorte qu'il faudrait intervertir l'énoncé. Il est d'ailleurs évident que les lignes télégraphiques sont très impropres à indiquer d'une façon exacte la direction des courants telluriques. Toutes les

fois que le point où la ligne est en communication avec, le sol est influencé par le passage à travers la terre d'un courant parallèle au méridien magnétique ou à l'équateur, une variation se produit dans le potentiel de ce point, il y a courant, que la ligne aille du nord au sud ou de l'est à l'ouest pourvu qu'à l'autre extrémité elle soit reliée avec le sol.

Pour terminer, nous dirons quelques mots des observations faites sur la ligne Francfort-sur-le-Mein-Strasbourg. Abstraction faite des mois d'octobre et de novembre, le courant s'est maintenu principalement dans la direction Strasbourg-Francfort, mais c'est surtout à la date du 1er juillet qu'un phénomène intéressant a pris naissance. Ce jour-là on a constaté depuis 5h 12′ jusqu'à 7h du matin, à Francfort aussi bien qu'à Strasbourg, le passage d'un courant se dirigeant de la ligne aux deux points de communication avec le sol. Toutes les fois que ce courant vient de changer d'intensité ou de direction, le changement se produit simultanément avec deux stations considérées. Pour expliquer ce fait, il faudrait admettre, dit M. Ludwig, l'influence inductive d'un courant tellurique perpendiculaire à la ligne et venant agir sur un point de cette même ligne également distant des deux extrémités ; dans les autres cas, on aurait affaire à des courants plus ou moins parallèles à la ligne d'observation. Il faut bien se garder d'oublier que ce sont là des hypothèses qui demandent à être justifiées.

Gouvernail de contrôle pour les torpilles de Scheel.

Pour éviter la déviation des torpilles mobiles, il était d'usage jusque dans ces derniers temps de les munir de deux gouvernails, l'un horizontal, l'autre vertical, ou bien encore de remplacer le gouvernail horizontal par des sortes de nageoires fixes. M. W. Scheel a proposé l'emploi de deux gouvernails verticaux : le second servirait de contrôle et serait disposé de façon à ramener d'une manière automatique la torpille dans la direction primitive au cas où elle tendrait à s'en écarter [1].

Les figures 1 et 2 représentent ce nouveau système de torpilles. Le gouvernail de contrôle *b* est

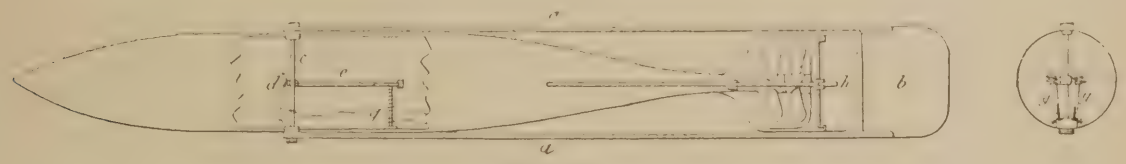


FIG. 1 ET 2

relié au moyen de deux tiges rigides *a* à l'axe *c* qui traverse le corps même de la torpille et sur lequel est monté l'indicateur *e*. Cet indicateur *e* est isolé de l'axe *c* au moyen d'une bague en ébonite et se trouve en communication constante par l'intermédiaire du ressort *d* avec l'un des pôles d'une batterie. Les pièces *a b c e* ne peuvent prendre aucun mouvement les unes par rapport aux autres.

Supposons maintenant que la torpille tende à dévier de la direction qui lui a été imprimée ; le gouvernail *b* ne peut suivre ce mouvement à cause de la pression uniforme qui s'exerce sur ses deux faces, la torpille tourne donc autour de l'axe *c* et vient former avec l'axe de symétrie du système *c a b* un angle proportionnel à la déviation. Dans ce mouvement, l'indicateur *e* qui est parallèle aux tiges *a* glisse sur des taquets en ébonite inclinés et montés à la partie supérieure des ressorts *g* jusqu'au moment où il leur échappe et vient en contact avec un des ressorts *g* qui sont en relation avec le second pôle de la batterie dont le premier pôle communique avec *d*. Le circuit se trouve alors fermé sur un électro-aimant qui agit sur les tiges de commande du gouvernail *h* et l'inclinent par rapport à la torpille dans un sens opposé à *b* de façon à ramener la coïncidence entre les deux axes. Dès que la torpille a repris la position représentée fig. 1, le gouvernail *h* revient à sa position de repos, grâce à un jeu de ressorts convenablement disposés. Il est bon de remarquer que les ressorts *g* doivent offrir une résistance assez grande pour empêcher le gouvernail de contrôle de dépasser la limite de l'écart prévu. Il est également indispensable de monter les ressorts *g* et les électro-aimants en croix de telle façon, que pour un contact de *e* avec le ressort de gauche, ce soit l'électro-aimant de droite qui vienne influencer le gouvernail *h*.

FAITS DIVERS

Les électriciens inventeurs et capitalistes suivent déjà avec le plus grand intérêt les préparatifs pour l'Exposition internationale d'électricité qui aura lieu à Philadelphie au mois de septembre, et pour laquelle on attend plusieurs appareils électriques fort intéressants de l'Europe. On vient de publier la classification générale des objets qui y figureront, et qui forme une nomenclature générale de toute la science électrique. Il y aura 7 sections principales : 1° pro-

[1] *Dingler's Polytechnisches Journal.*

duction d'électricité, avec six classes; 2° conducteurs électriques, avec sept classes; 3° mesures, 19 classes; 4° applications de l'électricité, 7 classes; 5° physique terrestre, 3 classes; 6° appareils historiques; 7° éducation et bibliographie, 2 classes.

Nous trouvons dans le *Times* du 10 courant la note suivante sur les ponts volants pour canons fournis par MM. Gilbert Bogle et Cᵉ, de Glasgow, avec le moteur électrique et la pile de M. Clark.

Le premier bateau de ce type a été construit par M. J. Mackie, principalement pour la chasse au canard sauvage, mais destiné également à être transporté sur le yacht de M. Mackie pour être employé dans les fjerds de Norvège. Le 8 janvier, le bateau fut essayé en présence du propriétaire et de l'inventeur avec un résultat très satisfaisant, la vitesse étant de 4 nœuds à l'heure et la machine travaillant sans aucun bruit.

Le pont a 23 pieds de longueur sur 4 pieds six pouces de large, tirant 9 pouces d'eau à l'arrière, et portant un canon puissant d'un poids de 300 livres environ. L'hélice, à deux branches, fait 500 tours par minute en employant les deux piles; avec une seule, on n'obtient qu'une vitesse de 3 nœuds par heure.

Tout autour de l'intérieur du dôme de la galerie Victor-Emmanuel, à Milan, il y a une rangée de becs de gaz qu'il n'était pas facile d'allumer, de même que cette opération présentait toujours une source de risques d'incendie, jusqu'au moment où on a trouvé moyen de les allumer à l'électricité. Près des becs de gaz on a construit un chemin de fer électrique en miniature, sur lequel passe une petite locomotive pourvue d'une mèche trempée dans de l'esprit de vin. Quant on veut allumer le gaz, on met le feu à la mèche et on lance la locomotive, qui fait le tour du cercle, allumant rapidement le gaz à l'admiration des assistants qui viennent en foule tous les soirs admirer ce spectacle.

M. Dauchell, de Londres, vient d'inventer un système léger de chemin de fer électrique à grande vitesse pour transporter rapidement des lettres et petits paquets par l'électricité. La construction est surtout remarquable en ceci, que le train est supporté par un seul rail, et tenu en équilibre par un deuxième rail en haut, qui sert également comme conducteur du courant électrique. Des expériences satisfaisantes ont été faites avec un modèle dont le moteur avait 12 pouces de long et une hauteur de 8 pouces, et pour lequel le courant était fourni par une pile ordinaire à bichromate. Ce moteur a deux roues avec rainures, d'un diamètre large, placées en ligne l'une avec l'autre. Le but de cette construction est de réduire la friction à un minimum et faciliter ainsi le développement d'une grande vitesse que M. Dauchell se propose de pousser jusqu'à 150 à 200 milles parheure.

M. J.-C. Fuller, dont le nom est bien connu, vient d'inventer une pile pour alimenter de petites lampes à incandescence expérimentales. Les électrodes sont zinc et charbon, et le liquide est une solution de bichromate de potasse. Les éléments marcheront de 30 à 40 heures sans qu'on y touche et la dépense pour renouveler le liquide est de 30 centimes seulement.

Éclairage électrique

Cinq lampes à arc permettent aux ouvriers de travailler jour et nuit à la nouvelle ligne de chemin de fer que fait construire la London et North-Western Cᵉ en Angleterre.

Une dynamo est actionnée par un moteur Marshall, et on a employé environ un mille de câble suspendu sur poteaux.

Chaque lampe a un réflecteur spécial. L'installation faite depuis trois mois parait rendre de très grands services.

Le « Gaiety Theâtre » à Glasgow est maintenant éclairé avec 280 lampes à incandescence de 20 bougies, 3 lampes à arc de 800, et 9 de 400 bougies. Deux moteurs Marshall de 16 chevaux, font fonctionner une machine Gramme à courants alternatifs, et deux dynamos Jablochkoff.

Des expériences fort intéressantes vont avoir lieu prochainement au phare de South Foreland près de Douvres, pour déterminer le meilleur éclairage pour les phares. Déjà, les préparatifs sont faits, et trois tours sont installées près de la mer, l'une pour la lumière électrique, les autres pour le gaz et l'éclairage à l'huile.

Le comité nommé a choisi des points d'observation jusqu'à une distance de 3 milles pour ces expériences qui auront lieu la nuit, de préférence par un temps de brouillard, les lumières étant tournées vers la terre. Leur durée sera de plusieurs mois, afin de bien déterminer la valeur de chaque espèce d'éclairage.

Le 5 décembre dernier a été inauguré le nouveau phare électrique de l'île Razza, dont nous avons donné la description dans un numéro précédent. Le rapport officiel de la direction des phares du Brésil constate l'excellent résultat obtenu avec les appareils qui sortent de la maison Sautter-Lemonnier et Cᵉ, de Paris, et signale entre autres ce fait intéressant que la portée du phare dépassait de plus de trois milles la portée géographique, grâce à la lueur qui restait visible après la disparition du feu direct.

On a fait dernièrement des expériences avec la lumière électrique sur le vapeur allant de Stettin à Breslau, afin de pouvoir faire des voyages de nuit.

Depuis le 21 décembre, les rues de la ville de Saratow, en Russie sont éclairées à la lumière électrique.

Une nouvelle Société vient d'être formée à Steyr (Autriche) au capital d'un million de florins pour l'établissement d'une usine pour des installations de lumière électrique.

Selon le rapport annuel de la Edison Electric Light Cᵉ, à New-York, la station centrale de Pearl Street alimente aujourd'hui 9811 lampes à incandescence et déjà les fils sont placés pour 12 379. Les dynamos de la station ont été mis en marche pour la première fois le 4 septembre 1882, et depuis ils n'ont cessé de fonctionner, fournissant de la lumière jour et nuit sans arrêt. La Société a des commandes pour 246 installations comprenant 61,366 lampes. M. Edison continue à chercher des perfectionnements, et il a pris 215 brevets déjà, sans parler d'une centaine de demandes pas encore accordées.

Nous trouvons dans l'*Electrical Review*, de New-York, une description de la station centrale de la United States Electric Lighting Company, dont nous reproduisons les détails suivants : La station alimente 26 circuits d'une longueur totale de huit milles et demi environ. La station est installée dans une maison ayant 58 pieds de façade sur 100 de profondeur. Près du mur qui sépare les moteurs des chaudières se trouvent deux grandes cheminées qui desservent les chaudières, et dont le tuyau a 3 pieds sur 6 avec une hauteur de 100 pieds. Deux moteurs occupent tout un côté de la chambre des moteurs. Les machines, qui sont du type Corliss, construites par MM. Watts, Campbell et Cᵉ, de New-York, donnent de très bons résultats, et font tourner un arbre de transmission en acier de 7 pouces avec une vitesse de 175 tours par minute. La courroie a 60 pouces de large sur 120 pieds de long; c'est la plus grande à New-York

et à une seule exception près dans le monde entier. Il y a huit chaudières horizontales en acier, de 66 pouces de diamètre et 16 pieds de long, qui ont été spécialement construites pour cette installation; elles sont sous une pression de 85 livres par pouce carré, et chaque chaudière produit une force de 125 chevaux; un chauffeur Berryman leur fournit de l'eau à une température de 200° Fahrenheit. Il n'y a aucune perte de vapeur de ce chef, l'eau étant chauffée par la chaleur perdue du moteur. Le grand moteur est de 500 chevaux, et peut être poussé jusqu'à 600; le petit est de 125 chevaux, mais peut facilement être poussé à 200. Le grand moteur consume pendant 14 heures en moyenne 2 5/8 livres de charbon par cheval et par heure. Un chemin traverse la chambre des dynamos où les machines sont placées des deux côtés, de sorte que l'accès reste libre à toutes les parties qu'on pourra avoir à examiner. Dans cette chambre, ainsi que dans la grande chambre en haut, il y a 60 dynamos d'une capacité de 10, 15, 20 et 30 lampes chaque. Il y a deux lignes de dynamos en haut et en bas, actionnées par le grand moteur; une ligne en haut, actionnée par le petit. Les circuits des dynamos et des lignes extérieures sont tous conduits à un grand commutateur fort ingénieux, au moyen duquel les dynamos peuvent être accouplées ensemble de toutes les manières. Tous les circuits peuvent être accouplés l'un à l'autre, et n'importe quel circuit extérieur peut être accouplé à une dynamo quelconque et changé de l'une à l'autre sans influence sensible sur les autres. Tous les fils conduisant à ce commutateur passent dans des rainures taillées dans des moulures de bois du plafond. Les machines sont disposées de manière à pouvoir immédiatement se remplacer mutuellement en cas d'accident. Les machines employées à la station de Stantion Street pour les lampes à arc comme à incandescence sont du même type général, la différence principale consistant dans l'enroulement de l'armature et des bobines des inducteurs. Le courant produit par ces machines est continu et sans pulsations, le réglage est absolument automatique dans les deux systèmes. On peut ajouter ou supprimer des lampes, et immédiatement un changement proportionnel se produit dans le courant et dans la quantité de force nécessaire pour actionner les dynamos. Cinq cent soixante-seize lampes à arc et un grand nombre de lampes à incandescence Maxim sont alimentées de cette station, la plus grande des quatre que possède la Compagnie.

Le professeur américain, M. Mauthner, examine, dans le *Medical Record*, l'effet de la lumière électrique sur les yeux, et trouve que la lumière à arc, à défaut de fixité, fatigue l'œil, tandis que les lampes à incandescence, surtout alimentées par des accumulateurs, sont beaucoup plus favorables aux yeux, d'autant plus que l'intensité de la lumière peut être réglée à volonté. Le professeur recommande de tamiser la lumière électrique en se servant de globes légèrement dépolis. La lumière de l'huile et du gaz contient une forte proportion de rayons jaunes, tandis que dans la lumière électrique les rayons bleus et violets sont prépondérants et produisent un effet agréable sur la rétine.

Toute la presse de New-York s'étant occupée des dangers — pour la plupart exagérés — des conducteurs aériens pour le courant des lampes électriques, le professeur Morton a longuement examiné la question dans le *New-York Times* du mois dernier.

Le savant professeur arrive à la conclusion que les fils aériens offrent bien moins de danger que les conducteurs souterrains. En effet, sur 10 incendies causés par les systèmes de lumière électrique à New-York depuis 1881, aucun n'a été provoqué par les fils aériens. Le peu d'importance de ces incendies tend à prouver, selon M. Morton, que l'éclairage électrique est bien moins dangereux que le gaz, mais il est certain que les fils souterrains se dérangent plus facilement, et sont plus difficiles à réparer que les fils aériens où un accident peut être constaté immédiatement.

Sous le point de vue économique, les fils aériens sont également de beaucoup préférables, M. Morton va plus loin encore, et les considère comme les seuls possibles pour l'éclairage à arc, si on n'est pas disposé à payer de onze à treize fois le prix du gaz; il cite comme preuves les expériences d'éclairage électrique faites à Paris comme à Londres, qui peu à peu ont été abandonnées, les dépenses étant trop fortes pour en faire une entreprise commerciale avec succès. En Amérique aussi, à Chicago, Saint-Louis et Milwankee, partout où la ville a imposé les conducteurs souterrains, l'éclairage électrique des rues n'a fait aucun progrès.

Reste la question de goût, et le professeur admet que les fils aériens défigurent les bâtiments, mais il n'y a, selon lui, qu'un seul moyen de les éviter et ce serait la construction de toute une ville souterraine pour y installer les conduits d'eau, de gaz et de conducteurs électriques, mais un tel travail rendrait une ville inhabitable, surtout où il n'existe pas des égouts comme à Paris, et en vrai Américain et homme pratique, M. Morton conclut qu'il faut savoir sacrifier l'agréable à l'utile.

Dans la fabrique de la United States Electric Lighting Cᵉ, on a fait dernièrement des expériences pour démontrer combien les dangers provenant des conducteurs pour la lumière électrique ont été exagérés. Cinquante lampes à arc étaient placées dans le circuit d'une machine pour cinquante lampes et un grand nombre de personnes ont pu tenir le fil nu sans éprouver une forte commmotion. On a ensuite dirigé une colonne d'eau sur ces fils par un tuyau avec une embouchure métallique et ceux qui le tenaient n'ont pas éprouvé le moindre inconvénient.

La Compagnie Edison de New-York vient de signer un contrat avec le gouvernement des Etats-Unis pour l'éclairage de la grande poste à Boston avec leur système de lampes à incandescence. Il y aura 500 lampes Edison de 16 bougies chaque, avec dynamos et machines pour fournir le courant nécessaire.

Evansville, dans l'Etat d'Indiana, possède dans plusieurs de ses rues et places un éclairage à l'électricité établi par la Brush Electric Light Company de Cleveland. Des phares ou tours électriques de cent pieds de hauteur portent à leur sommet chacun quatre foyers d'une intensité totale de huit mille candles. Outre ces tours, actuellement au nombre de dix, il y a à l'intersection des rues des poteaux d'une hauteur de cinquante pieds. Ils soutiennent des lampes Brush de deux mille candles. Pour l'ajustage des charbons ou la réparation des lampes, on monte au faite des tours à l'aide d'un ascenseur. Les lampes, qui sont à double charbon, peuvent brûler pendant huit, seize ou vingt-quatre heures. Quant aux machines dynamo-électriques, elles peuvent donner un total de deux cent seize mille candles. On sait qu'aux Etats-Unis, principalement dans les Etats de l'ouest, la mode a été de construire pour l'éclairage des villes des mâts ou tours électriques d'une hauteur dépassant parfois deux cent cinquante pieds. Ces tours, pourvus de foyers d'un grand éclat ayant été cause d'accidents, on revient maintenant à l'emploi de phares beaucoup moins élevés. A Evansville, l'expérience a démontré que ce système était meilleur pour la projection de la lumière à grande distance.

Le gouvernement des Etats-Unis vient de faire installer un laboratoire à Fomkinsville qui sera spécialement chargé d'étudier toutes les questions touchant à l'éclairage des phares.

Télégraphie et Téléphonie

D'après une circulaire du ministre des postes et des télégraphes, la taxe fixée pour le câble entre l'Espagne et les Canaries, ouvert au service international depuis le 1er janvier, est de soixante-quinze centimes par mot. Les bureaux ouverts sont ceux de Santa Cruz, de Ténériffe, de las Palmas et de Santa Cruz de Palmas; on sait que ce câble est continué jusqu'à Saint-Louis du Sénégal.

On étudie au ministère de la marine la pose d'un câble télégraphique sous-marin entre Nouméa et l'îlot Amédée. Ces parages sont souvent d'une navigation difficile, comme l'a montré le récent naufrage du *Dupleix*, des Messageries maritimes, et la communication entre le phare et le chef-lieu serait d'une grande utilité.

Le projet et les plans pour le nouveau câble qui va réunir l'Espagne avec l'île de Cuba n'attendent que l'approbation du ministre pour recevoir leur exécution. Le câble aura trois sections : l'une, de 1 000 milles, ira du Portugal jusqu'aux Açores; l'autre, de 1 700 milles, des Açores aux îles Bermudes, et la troisième, de 750 milles, des Bermudes à la Havane. La ligne principale aura deux branches, l'une de 750 milles, des Bermudes à New-York, et l'autre de 400 milles, de la Havane aux côtes de Venezuela, qui communiquera avec le système télégraphique hispano-américain. Madrid sera ainsi en communication directe avec l'île de Cuba et le continent américain.

Dans la nouvelle convention avec l'Eastern Extension Telegraph Ce pour l'établissement d'un câble télégraphique entre la Cochinchine et le Tonkin avec continuation facultative sur Hong-Kong, le ministère a stipulé que le gouvernement français resterait chargé de l'exploitation du câble, et que les bureaux seraient tenus par des agents français.

La direction des télégraphes de l'Allemagne a fait faire des expériences pendant le mois de décembre, en remplaçant les courants de pile ordinaires par ceux d'une machine dynamo du type Siemens-Halske avec excitatrice spéciale. Du 4 au 7 décembre, le courant fut envoyé simultanément en 18 lignes munies d'appareils Hughes et Morse, avec un résultat très satisfaisant.

L'Allemagne célébrera cette année le cinquantenaire de l'établissement du télégraphe électrique, dont la première ligne du pays a été commencée en 1833 par Gauss et Weber de Gottingue.

La question des câbles souterrains est devenue tellement d'actualité que la statistique suivante des câbles de cette nature existants à la fin de l'année 1881 ne sera peut-être pas sans intérêt.

	Longueur kilométrique	
	Câble	Fil
En Allemagne	5,500	39.605
Autriche-Hongrie	291 1/2	511
Belgique	11	232
Danemark	3	79
France (avec les colonies)	851	11.880
Grande-Bretagne et l'Irlande	771	17.700
Hollande	96	591
Roumanie	11	56
Russie	202	250
Suisse	45	327
Soit un total de	7.519 1/2	69.231

La Bankers and Merchants Telegraph Ce de New-York vient d'acquérir par achat toutes les lignes télégraphiques de la Lehrigh Telegraph Ce ajoutant ainsi près de 300 milles et 90 stations télégraphiques à leur réseau, dans la partie Est de la Pensylvanie. D'autres bureaux ont également été ouverts à Savannah et à Charleston.

A Bruxelles, le bureau central des télégraphes est actuellement relié par téléphone au bureau central téléphonique, et les abonnés au téléphone peuvent ainsi dicter verbalement leurs télégrammes ou les recevoir à l'aide de leurs appareils à leur domicile. Une copie de la dépêche leur est ensuite envoyée par la poste sans frais de sorte que le destinataire peut être sûr qu'on lui a téléphoné d'une manière correcte.

Le téléphone a fait beaucoup de progrès en Hollande pendant la dernière année. La Nederlandsche Bell Telephoon Maatschappy, qui a doté toutes les villes importantes du pays de réseaux téléphoniques, compte aujourd'hui 1,972 abonnés, dont 1,049 à Amsterdam seulement, c'est-à-dire une moyenne de un abonné par 315 habitants.

Une communication téléphonique vient d'être établie entre Maitland et Morpeth dans la New South Wales. Les bureaux de la Steam Navigation Ce sont en communication avec plusieurs maisons de commerce à West Maitland.

Aux Etats-Unis on vient de faire, entre Windsor et Tecumseh, des expériences avec un nouveau système de construction qui rend moins coûteux l'établissement des fils téléphoniques aériens. A cet effet, on supprime les isolateurs en porcelaine et on les remplace par des supports en bois avec une rainure pour le conducteur. Celui-ci est isolé au moyen d'une couche de gutta-percha.

Une utile innovation est signalée sur les lignes téléphoniques de Boston et de l'association des téléphones de Lowel en Amérique. Elle consiste à donner aux abonnés, au moyen du téléphone, l'heure exacte à tout instant du jour. Il suffit pour cela que l'abonné approche le téléphone de son oreille et compte le nombre de battements de l'horloge qu'il entend. Ces battements lui font connaître l'heure et les minutes.

Des expériences ont été faites dernièrement entre New-York et Meadwell Pensylvanie; une distance de 509 milles avec un nouveau téléphone inventé par M. le professeur Webster Gillett. On s'est servi de ce que l'inventeur appelle un instrument à 10 points.

Le transmetteur consiste dans une aiguille attachée à un disque en caoutchouc qui vient buter contre un charbon granulé et comprimé pour en augmenter la conductibilité. Chaque point a le même effet qu'un nouveau téléphone ajouté. Le récepteur attaché au téléphone est remarquable par la plus grande surface magnétique présentée au diaphragme. Avec un appareil à 10 points, on a parfaitement pu parler avec Chicago, une distance de 1010 milles en traversant un câble de 22 fils. On a pu parler à une distance de 75 à 100 milles avec un appareil à un seul point. Pendant les expériences, l'instrument à 10 points fut réduit à 6 sans déranger la communication.

Le Gérant : A. Noaillon.

Paris. — Imprimerie P. Mouillot, 13, quai Voltaire. — 45124

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

51, rue Vivienne, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ. | DIRECTEUR SCIENTIFIQUE : TH. DU MONCEL

ADMINISTRATEUR : H. SARONI

6e ANNÉE (TOME XI) SAMEDI 2 FÉVRIER 1884 N° 5

SOMMAIRE

Appareil électrique pour la lecture des aveugles; Th. du Moncel. — Le mesureur d'énergie de Siemens ; Marcel Deprez. — Théorie des machines dynamo-électriques; R. Clausius. — Application de l'électricité à la manœuvre des chemins de fer (4e article); M. Cossmann. — Revue de l'Exposition de Vienne; Aug. Guerout. — De la répartition de la lumière dans une installation d'éclairage électrique (2e article); P. Clemenceau. — Un point de l'histoire de la télégraphie : les travaux de Francisco Salva; F. Browne. — Sur la force électromotrice du zinc et du cadmium amalgamés, par M. Robb. — Nouvelle méthode pour déterminer l'inclinaison magnétique avec la boussole à induction, par M. Wild. — Traitement des minerais d'or et d'argent par l'action combinée de l'électricité et du mercure. — Note sur l'observation des courants telluriques, par M. Larroque. — Faits divers.

APPAREIL ELECTRIQUE POUR LA LECTURE DES AVEUGLES

Bien que cette invention soit déjà ancienne, nous croyons devoir en donner ici une description, car elle est très ingénieuse et a été très appréciée par ceux auxquels elle était destinée.

M. Recordon l'a combinée de deux manières, avec ou sans électricité, mais naturellement nous n'aurons à parler ici que de celle qui se rattache à l'électricité et à laquelle on a donné le nom d'*électrolecteur*.

Cet appareil a pour but de permettre aux aveugles la lecture de toutes espèces de livres ou de manuscrits, à la condition que ces ouvrages auront été imprimés ou écrits sur un papier conducteur (papier d'étain ou papier doré) ou rendu conducteur de l'électricité. En réalité, l'électrolecteur n'est autre chose qu'un télégraphe autographique ayant pour résultat de *reproduire en relief* les différents caractères imprimés ou écrits sur une surface plane, et de suppléer ainsi aux impressions en relief usitées dans les établissements des aveugles et qui reviennent à des prix considérables.

Comme les télégraphes autographiques et les machines à graver, cet appareil se compose d'un récepteur et d'un transmetteur, seulement ces deux parties du système sont réunies dans un même appareil et sont reliées mécaniquement l'une à l'autre de manière que les reproductions en relief soient amplifiées dans le rapport de 6 à 1.

La disposition générale du système se rapproche assez de celle que M. Bonelli a donnée à son typo-télégraphe, seulement, au lieu d'un peigne à 5 dents employé comme transmetteur, M. Recordon en emploie un à 12 dents afin de se prêter aux hauteurs des lettres les plus usitées. Chaque ligne d'écriture ou d'impression passe successivement sous les dents de ce peigne, et il résulte de la rencontre de celles-ci avec les parties isolantes de ces lignes, constituées par les différents caractères de l'écriture, une série d'interruptions de courant qui, en réagissant sur une série de types mobiles disposés sur une planchette, peuvent dessiner en relief, par le groupement différent de ces types, les caractères successivement transmis, et avec des dimensions amplifiées de six fois.

Le récepteur de cet appareil qui fournit ce résultat se compose, comme celui du télégraphe Bonelli, d'un chariot mobile qui roule sur une sorte de petit chemin de fer et qui porte le mécanisme destiné à réagir sur les types mobiles dont nous avons parlé. Ces types, rangés sur 12 lignes droites parallèles, sont éloignés les uns des autres de deux millimètres environ et sont constitués par des boutons légèrement bombés dont les tiges qui leur servent de support sont mobiles dans des trous traversant de part en part une planchette assez longue pour correspondre à une ligne entière d'écriture. Ces types sont en fer doux et peuvent s'élever facilement au-dessus de la planchette qui leur sert de support, sous l'influence d'aimants permanents adaptés au chariot mobile dont il a été question.

Au-dessus de chacune des rangées de ces types,

se trouve disposée une lame de fer qui porte à ses deux extrémités deux échancrures latérales assez larges pour permettre aux types de passer. Ces lames, dont la longueur ne dépasse pas le tiers de la planchette et qui constituent une sorte de composteur, se trouvent entraînées avec le chariot, et celui-ci est manœuvré de gauche à droite par la main droite de l'aveugle qui, de la main gauche, peut suivre les différents effets produits en arrière du chariot, c'est-à-dire sentir les reliefs déterminés par les types. Le chariot est muni de trois systèmes électromécaniques : 1° d'un système électromagnétique composé de 12 électro-aimants agissant isolément sur un système de leviers ayant action sur les différents types d'une même rangée; 2° d'un système magnétique composé de 12 aimants permanents destinés à élever successivement les types au-dessus de la planchette à mesure qu'ils passent au-dessus d'eux; 3° d'un système de leviers articulés commandé par chacune des armatures des électro-aimants et ayant pour effet d'empêcher le soulèvement des types, quand le courant anime l'électro-aimant correspondant. Avec cette disposition, il est facile de concevoir le mode de fonctionnement du système : supposons en effet que le courant circule à travers les 12 électro-aimants à la fois, ce qui suppose le transmetteur appuyé sur un espace non écrit, tous les types placés en ce moment devant les parties échancrées des règles de fer qui les surmontent ne pourront pas passer à travers sous l'influence des aimants permanents qui les sollicitent, parce qu'ils en sont empêchés par les leviers des armatures des électro-aimants; ils ne détermineront donc aucunes saillies sur les 12 lames de fer que le chariot traîne à sa suite.

Supposons maintenant que les 12 électro-aimants se trouvent inactifs parce que le peigne du transmetteur aura passé à travers le jambage verticale d'une majuscule, d'un E par exemple : les types qui se présenteront alors devant la partie échancrée des lames de fer pourront alors s'élever sous l'influence des aimants, et y resteront adhérents jusqu'à ce que le chariot, en avançant, les ait détachés; mais alors ils ne pourront plus redescendre, parce qu'ils seront arrêtés par le rebord des lames correspondantes qui les soutiendra pardessous. Dès lors, ils formeront saillie au-dessus du système des 12 lames, et dessineront la partie droite de l'E. Suivons le mouvement du chariot et voyons ce qui va arriver quand les dents du transmetteur vont avoir dépassé la partie droite de l'E : cette fois le courant ne cessera seulement de passer qu'à travers les électro-aimants n°s 1, 6 et 12. Par conséquent, les types de rangées 1, 6 et 12 seront seuls à passer au-dessus des lames du composteur, et commenceront à former les trois bras de l'E. Les mêmes effets se reproduisant un peu plus loin, ces bras s'allongeront, et finalement la lettre E se trouvera nettement reproduite en relief. Le chariot continuant son mouvement, une autre lettre se formera de la même manière à côté de la première, et ainsi de suite pendant le tiers de la course de ce chariot, et pendant ce temps, l'aveugle aura pu lire avec les doigts de la main gauche les mots qui auront été ainsi formés. Après cette lecture, les types soulevés au-dessus du composteur rencontrant la seconde échancrure des lames, et n'étant plus retenus, tombent sur la planchette où ils se trouvent mis en position de fournir de nouvelles indications à la ligne suivante.

Pour obtenir que les lettres ainsi reproduites soient six fois plus grandes que celles qui sont écrites ou imprimées, ce qui a été jugé nécessaire pour leur perception tactile par les aveugles, le mouvement du peigne à 12 dents du transmetteur qui est, comme on l'a vu, solidaire de celui du chariot, est effectué par l'intermédiaire de parallélogrammes articulés disposés comme dans le pantographe.

Toutefois, comme l'appareil ne doit fournir aucune transmission quand le chariot, ayant accompli sa course entière, doit commencer une nouvelle ligne, il a fallu adapter à ce système un mécanisme particulier qui put non seulement empêcher les dents du peigne de frotter sur la feuille imprimée ou écrite au moment du retour du chariot, mais encore empêcher les aimants permanents de réagir sur les types mobiles. Ce mécanisme a été combiné assez simplement par M. Recordon, mais il peut être disposé de toute autre manière, et le problème ne présente d'ailleurs aucune difficulté.

L'étendue du mouvement du chariot dans le système que nous venons de décrire ayant paru à M. Recordon trop considérable pour la commodité des aveugles, il a combiné, conjointement avec M. Turettini, un autre système moins volumineux auquel il donne la préférence et dans lequel la planchette aux types mobiles est remplacée par une surface cylindrique. Il en résulte que le chariot-composteur étant obligé d'accomplir une course circulaire, les dispositions ont dû être changées.

Nous n'entrerons pas toutefois dans les détails de construction de ce nouveau système, qui sont moins faciles à saisir sans figures que celui dont nous venons de parler. Ceux que cette question pourrait intéresser trouveront tous ces détails dans le brevet de M. Recordon, qui est du 10 juin 1874 et porte le n° 103822. D'après ce brevet, il paraîtrait que l'invention remonte à une date plus ancienne, qui devrait être fixée à l'année 1871.

TH. DU MONCEL.

LE

MESUREUR D'ÉNERGIE

DE SIEMENS

MM. Siemens ont exposé à Vienne un instrument destiné à mesurer l'énergie absorbée par un appareil quelconque utilisant un courant électrique.

Il se compose essentiellement (V. la figure) d'une petite machine dynamo-électrique genre Siemens dont les inducteurs et l'induit sont totalement dépourvus de fer. L'inducteur affecte la forme d'un cadre galvanométrique entouré d'un gros fil dans lequel passe le courant utilisé.

L'induit est au contraire enroulé avec un fil très fin et monte en dérivation sur le circuit principal; les balais du collecteur communiquent l'un avec l'origine, l'autre avec la fin du circuit dans lequel sont placés les appareils utilisateurs du courant. Enfin l'axe de l'induit est muni d'ailettes qui tournent dans un liquide tel que l'huile de paraffine ou tout autre liquide isolant qui emplit tout l'appareil. Un compteur quelconque totalise le nombre de tours que fait l'induit dans un temps donné, et de ce nombre de tours les inventeurs croient pouvoir déduire la quantité d'énergie dépensée par le circuit principal.

Il est facile de démontrer que c'est là une erreur et que cet appareil ne fait nullement connaître la quantité d'énergie consommée par le circuit utile, à moins que la différence de potentiel entre les deux extrémités de ce circuit ne reste constante, auquel cas un simple cotmpeur d'intensité suffirait.

En effet, désignons par :

i l'intensité du courant qui circule dans l'induit quand le régime est établi ;

I l'intensité du courant qui circule dans l'inducteur quand le régime est établi ;

E la différence de potentiel entre les deux balais de l'induit ;

e la force électromotrice développée dans l'induit lorsqu'il tourne avec une vitesse angulaire égale à l'unité et que l'inducteur est traversé par un courant égal à l'unité.

R la résistance de l'induit.

ω la vitesse angulaire de l'induit.

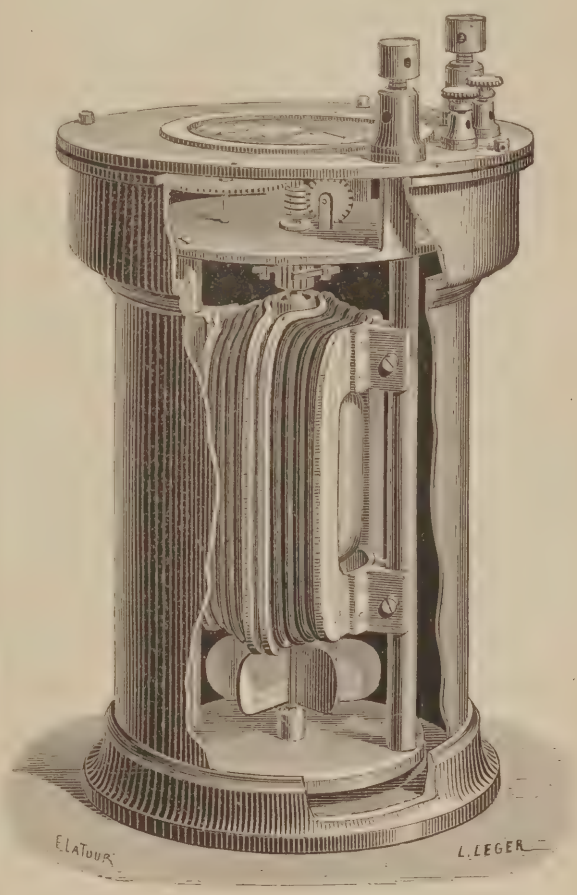
Lorsque l'induit tourne, il développe une force électromotrice inverse proportionnelle à sa vitesse et à l'intensité du *champ électrique* de l'inducteur, c'est-à-dire à I; cette force électromotrice a pour expression

$$e\,\omega\,\mathrm{I}$$

et le courant i est donc déterminé par l'équation

$$i = \frac{\varepsilon - e\,\omega\,\mathrm{I}}{\mathrm{R}}$$

D'autre part, l'inducteur étant traversé par I, l'effet mécanique exercé par l'inducteur sur l'induit est proportionnel à I i, d'après les lois bien connues de l'électrodynamique qu'on peut appliquer ici, parce que cet instrument ne contient pas de masses magnétiques. Ce couple proportionnel à



LE MESUREUR D'ÉNERGIE DE M. SIEMENS

I i aurait pour effet d'accroître la vitesse jusqu'à ce que la force électromotrice inverse de l'induit fît équilibre à la différence de potentiel des balais, si la rotation même de l'induit ne développait, grâce aux ailettes qui tournent dans l'huile de paraffine, une résistance mécanique proportionnelle au carré de la vitesse.

Lorsque cette résistance fait équilibre au couple I i, on a

$$\mathrm{I}\,i = k\,\omega^2$$

k désignant une constante.

Mais on a, en remplaçant i par sa valeur

$$I\,i = \frac{\varepsilon I - e\,\omega I^2}{R}$$

d'où

$$k\,\omega^2 = \frac{\varepsilon I - e\,\omega I^2}{R}$$

d'où l'on tire

$$\omega = \frac{-e I^2 \pm \sqrt{e^2 I^4 - 4 k R \varepsilon I}}{2 k R}$$

L'angle décrit par l'induit dans un temps $d\,t$ es $\omega\,d\,t$ et pendant un temps $t \int \omega\,d\,t$ on a

$$\int \frac{-e I^2 \pm \sqrt{e^2 I^4 - 4 k R \varepsilon I}}{2 k R}\,d\,t$$

tandis que la quantité d'énergie dépensée utilement dans le même temps est

$$\int \varepsilon I\,d\,t$$

Ces deux intégrales ne peuvent être égales, et par suite le nombre de tours du compteur exprime tout autre chose que la quantité d'énergie dépensée.

Il est probable que les inventeurs de cet instrument ont considéré la force électromotrice inverse développée par l'induit de ce petit appareil comme négligeable, parce qu'il ne contient pas de masses magnétiques et qu'il tourne doucement. Mais, même avec cette restriction, ses indications ne sont nullement proportionnelles à l'énergie dépensée.

En effet, en admettant cette hypothèse, les équations se simplifient et l'on a

$$i = \frac{\varepsilon}{R} \qquad I\,i = k\,\omega^2 = \frac{\varepsilon I}{R},$$

d'où

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{k R}}\sqrt{\varepsilon I}$$

et

$$\omega\,d\,t = \frac{1}{\sqrt{k R}}\sqrt{\varepsilon I}\,d\,t$$

d'où il suit que dans ce cas le nombre de tours de l'induit serait proportionnel non pas à $\int \varepsilon I\,dt$, mais bien à $\int \sqrt{E I}\,dt$, intégrale de laquelle on ne peut nullement tirer $\int \varepsilon I\,dt$. Cet instrument est donc sans utilité.

Je vais maintenant montrer comment il faut le modifier pour obtenir le résultat désiré. Au lieu de munir l'axe de l'induit d'ailettes tournant dans un milieu résistant proportionnellement au carré de la vitesse, attachons-lui un disque de cuivre tournant entre les branches d'un aimant permanent et supprimons complètement l'huile de paraffine.

La rotation du disque entre les branches de l'aimant aura pour effet de développer dans l'intérieur du disque des courants induits qui (suivant une loi bien connue que j'ai appliquée autrefois dans mon indicateur magnétique de vitesse) exercent sur l'aimant une action magnétique proportionnelle à la simple vitesse. On aura donc

$$I\,i = k'\,\omega = \frac{\varepsilon I}{R},$$

d'où

$$\int \omega\,dt \frac{1}{k' R} \int \varepsilon I\,dt,$$

ce qui résout le problème.

Pour rendre la solution tout à fait rigoureuse, il faudrait renverser en outre la disposition adoptée par MM. Siemens, c'est-à-dire mettre le gros fil sur l'induit et le fil fin sur l'inducteur. Ce serait alors ce dernier qui serait monté en dérivation sur le circuit principal.

MARCEL DEPREZ.

THÉORIE
DES
MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

Les machines dynamo-électriques, comme dans le temps les machines à vapeur, ont devancé la théorie dans leur développement pratique; et ce n'est qu'à la suite de leur perfectionnement qu'on a cherché à représenter par des formules mathématiques les phénomènes qui s'y produisent. Mais les formules employées jusqu'ici ne me paraissent pas encore tout à fait satisfaisantes, soit parce qu'elles reposent sur des bases théoriquement douteuses, soit parce qu'elles sont trop incomplètes pour tenir compte de toutes les circonstances qu'il y a lieu de considérer. C'est pourquoi je prends la liberté de communiquer ici une théorie développée d'une façon un peu plus complète.

§ 1. — *Parties essentielles d'une machine dynamo-électrique.*

Les machines dynamo-électriques qui existent actuellement varient assez quant à leurs formes extérieures, mais très peu quant à leur principe; les formes de Gramme et de Siemens me paraissent devoir être considérées comme le type des machines à courants d'une seule direction. Ces deux machines sont d'ailleurs si semblables dans leur action qu'il n'est pas nécessaire, au moins pour

la déduction des formules fondamentales, de les considérer séparément, et qu'on peut les réunir dans une théorie commune.

Comme pièces principales, nous trouvons d'abord un électro-aimant fixe avec de larges surfaces polaires, ou bien une combinaison de plusieurs électro-aimants fixes, dont les pôles de même nom sont reliés par des pièces de fer, et ayant par conséquent des surfaces polaires communes. Il nous est inutile de distinguer ces deux cas, et nous remarquerons simplement que ce que nous aurons à dire pour un électro-aimant fixe s'appliquera tout aussi bien lorsque, au lieu d'un, il y en aura plusieurs.

Dans l'espace compris entre les pôles de l'électro-aimant fixe se trouve l'électro-aimant mobile. Celui-ci, dans la machine de Gramme, présente la forme annulaire, que Pacinotti avait le premier imaginé de lui donner, et consiste en un anneau de fer soit massif, soit formé, ce qui est le cas le plus habituel, d'un faisceau de fils, sur lequel le fil conducteur vient s'enrouler en spirale. Dans la machine Siemens, c'est un tambour de fer à l'extérieur duquel seulement s'enroule le conducteur. Nous considérerons séparément les deux parties de cet électro-aimant, savoir la spirale et le noyau de fer. Nous désignerons la première, qui doit nécessairement pouvoir prendre un mouvement de rotation, sous le nom de *spirale mobile*. La seconde, que nous appellerons le *noyau de la spirale mobile*, ne doit pas nécessairement accompagner la spirale dans son mouvement; elle peut tout aussi bien être fixe : cette disposition est même préférable au point de vue du rendement de la machine, mais son exécution pratique offre des difficultés.

La spirale mobile est partagée en un grand nombre de subdivisions, reliées entre elles par des conducteurs, la fin de l'une étant jointe au commencement de la suivante par une plaque métallique. Ces plaques sont juxtaposées sans présenter entre elles de contacts métalliques, de manière à former un cylindre qui tourne avec la spirale mobile ; contre ce cylindre, et aux deux extrémités d'un même diamètre, frottent deux ressorts de contact liés aux deux bouts du fil qui entoure l'électro-aimant fixe et qui constitue aussi le circuit extérieur. La spirale est ainsi divisée, quelle que soit sa position, en deux moitiés, qui forment un double conducteur entre les ressorts, et le courant, en quittant l'un des ressorts, se partage en deux dérivations égales qui se rejoignent sur le ressort opposé.

Le noyau de la spirale est aimanté par deux causes. Il forme d'abord entre les pôles de l'électro-aimant fixe une armature qui, sans les toucher, en est très rapprochée, et se trouve ainsi aimanté de telle sorte que ses pôles sont en regard des pôles de nom contraire de l'électro-aimant fixe; ce que nous pouvons exprimer plus brièvement en disant que l'axe du magnétisme développé de ce chef dans le noyau est dirigé en sens inverse de l'axe de l'électro-aimant fixe. D'autre part, le noyau est magnétisé par le courant électrique qui parcourt la spirale mobile entre les deux ressorts de contact. Ceux-ci sont placés de telle sorte que l'axe du magnétisme qui résulte de cette seconde force soit à peu près perpendiculaire à l'axe du magnétisme dû à la première. La résultante de ces deux actions est un magnétisme dont l'axe est placé obliquement entre leurs deux directions. Quand le noyau tourne, ses pôles se déplacent constamment par rapport à lui, mais gardent une position constante dans l'espace.

Un triple effet d'induction se produit dans la spirale mobile pendant sa rotation. En premier lieu, l'électro-aimant fixe ; en second lieu, le noyau magnétisé, dont les pôles sont immobiles dans l'espace, exerce sur la spirale en mouvement une action inductrice; troisièmement, enfin, le courant qui circule dans la spirale elle-même, et change de sens dans les subdivisions à mesure qu'elles passent devant les ressorts de contact, a aussi sur la spirale une influence inductrice qui agit au moins en partie.

§ 2. — *Loi de l'induction.*

Pour établir la loi d'induction, que nous aurons à employer dans ce qui suit, nous devons examiner de plus près les courants et les conducteurs en question.

La spirale mobile et la spirale de l'électro-aimant fixe sont composées d'un grand nombre de tours, si rapprochés les uns des autres, que l'on peut supposer sans erreur appréciable que chaque tour ou chaque groupe de tours, au lieu de se terminer sur le commencement du tour ou du groupe suivant, se termine sur son propre commencement. On peut ainsi considérer les deux spirales comme des systèmes de circuits fermés. Quant à ce qui concerne le magnétisme des masses de fer voisines, on sait que les actions électro-dynamiques d'un aimant peuvent être ramenées à celles d'un nombre infini de petits courants fermés que l'on se figure exister dans son intérieur. Nous n'avons ainsi à faire qu'à l'action de courants électriques fermés sur des circuits conducteurs fermés, ce qui simplifie beaucoup les raisonnements et les rend en même temps plus certains, puisque la loi d'induction peut être dans ce cas considérée comme parfaitement établie, tandis que des divergences d'opinion existent encore sur les actions exercées par des courants non fermés sur des circuits non fermés.

L'expression de la loi d'induction prend une grande simplicité si l'on se sert du potentiel électro-dynamique des courants agissant sur les con-

ducteurs supposés parcourus par l'unité de courant. Soit un système quelconque de courants fermés circulant dans des conducteurs s, s_1, s_2..., etc., et ayant des intensités i, i_1, i_2..., etc., soit encore un conducteur fermé σ parcouru par l'unité de courant. Soit ds un élément de l'un quelconque des conducteurs s, s_1, s_2; $d\sigma$ un élément du conducteur σ; représentons par $(s\sigma)$ l'angle que comprennent les directions des deux éléments, et par r leur distance; le potentiel électrodynamique W du système de courants sur le courant d'intensité 1 du conducteur σ, est déterminé par l'équation :

$$(1) \qquad W = \int\int \frac{i \cos(s\sigma)}{r} ds\, d\sigma$$

l'une des intégrales devant être étendue à la série des conducteurs s, s_1, s_2, etc., et l'autre au conducteur σ.

Cette expression suppose que les intensités sont données en mesure électrodynamique ou électromagnétique. Si l'on voulait employer le système électrostatique, il faudrait diviser encore par K^2, K étant la vitesse critique de l'électricité, qui est égale à environ 30 fois le quart du méridien.

Si maintenant il se produit un mouvement quelconque des conducteurs et des changements dans les intensités i, i_1, i_2, etc., la force électromotrice e induite dans le conducteur σ se trouve déterminée par l'équation simple :

$$(2) \qquad e = -\frac{dW}{dt}$$

où t représente le temps.

§ 3. — *Application de cette loi à la spirale mobile.*

Pour trouver par l'équation précédente la force électromotrice induite dans la spirale en mouvement par les aimants et par les courants qui circulent dans les autres conducteurs, nous choisirons une quelconque des subdivisions de cette spirale mobile, qui nous représentera le conducteur σ du paragraphe précédent.

Si nous suivons cette subdivision pendant un tour entier, la série de ses changements de position est telle qu'elle revient finalement à sa position primitive, et que la valeur finale de W est égale à sa valeur initiale. Si donc la direction suivant laquelle on doit considérer la force électromotrice comme positive ne variait pas dans la subdivision, la force électromotrice induite pendant un tour entier serait tantôt positive, tantôt négative, et aurait une valeur moyenne nulle. Mais, en réalité, les choses se passent autrement. Comme nous l'avons remarqué plus haut, la spirale mobile, dans son ensemble, est constamment partagée par les ressorts en deux moitiés, formant ainsi un double conducteur entre les ressorts. Il en résulte que la direction dans laquelle la force électromotrice doit être considérée comme positive, celle suivant laquelle le courant passe d'un ressort à l'autre, ne garde pas son sens tout autour de la spirale, mais se trouve au contraire de sens opposé dans les deux moitiés. Il s'ensuit enfin que pour chaque subdivision, le sens des forces positives change à chaque demi-tour, au moment où cette subdivision, passant devant un ressort de contact, se trouve transportée de l'une des moitiés dans l'autre. Si les ressorts sont bien placés, cet effet se produit aux moments mêmes où la force électromotrice induite change de signe, de sorte qu'en somme la direction de cette force reste la même par rapport au circuit général.

L'influence inductrice étant la même sur les deux moitiés, il suffit pour déterminer la force électromotrice moyenne de considérer seulement une demi-révolution, c'est-à-dire le mouvement qui amène la subdivision considérée d'un ressort de contact à l'autre. Soit W′ la valeur de W au commencement de cette demi-révolution, à l'instant t', et soit W″ la valeur de W à la fin, à l'instant $t' + \frac{1}{2}\tau$, τ étant la durée d'un tour entier. L'équation (2), qui donne la force électromotrice moyenne, devient alors :

$$(3) \qquad \frac{1}{\frac{1}{2}\tau}\int_{t'}^{t'+\frac{1}{2}\tau} e\,dt = -\frac{1}{\frac{1}{2}\tau}\int_{t'}^{t+\frac{1}{2}\tau} \frac{dW}{dt}\,dt = \frac{1}{\frac{1}{2}\tau}(W' - W'')$$

Cette expression ne s'applique qu'à une seule subdivision; pour avoir celle qui convient à la spirale mobile entière, il faut la multiplier par le nombre des subdivisions. En déterminant ce nombre, il faut remarquer que les forces induites dans les deux moitiés de la spirale ne peuvent pas être réunies dans leur somme, et n'entrent qu'une fois dans le compte, puisque les deux moitiés ne forment pas deux portions successives du circuit général, mais seulement deux branches parallèles de ce circuit. Si donc le nombre total des subdivisions est n, il suffira pour obtenir la force électromotrice E_1, relative à la spirale entière, de multiplier par $\frac{1}{2}n$ celle qui est relative à une seule subdivision. On aura donc :

$$(4) \qquad E_1 = \frac{n}{\tau}(W' - W'')$$

Nous remplacerons encore la durée τ d'une révolution, par le nombre de révolutions effectuées dans l'unité de temps, c'est-à-dire par ce qu'on appelle habituellement le nombre de tours.

Appelant ν ce nombre, on a évidemment :

$$(5) \qquad \nu = \frac{1}{\tau}$$

et (4) devient

$$(6) \qquad E_1 = n(W' - W'')\nu$$

§ 4. — *Action réciproque du conducteur en mouvement sur le conducteur fixe.*

Dans le paragraphe précédent, il n'a été question que de la force électromotrice induite dans le conducteur mobile par le courant qui parcourt le conducteur fixe et par le magnétisme des masses de fer.

Nous avons maintenant à nous demander si le courant du conducteur mobile induit aussi une force électromotrice dans le conducteur fixe.

Comme plus haut nous considérons une subdivision σ de la spirale mobile; désignons par j le courant qui le traverse, en remarquant que ce courant change deux fois de sens à chaque révolution entière.

Nous supposons le circuit fixe parcouru par l'unité de courant et nous formons le potentiel électrodynamique Ω de σ sur s. Ω est donné par une expression analogue à (1).

$$\Omega = \int\int \frac{j \cos (s\,\sigma)}{r}\, ds\, d\sigma.$$

Cette quantité nous permet d'obtenir la force électromotrice ε induite à l'époque t dans le conducteur fixe, par l'équation suivante qui est l'analogue de (2).

$$\varepsilon = -\frac{d\Omega}{dt}.$$

Pour en déduire la force électromotrice moyenne, nous avons ici encore à effectuer une intégration par rapport au temps, et à diviser l'intégrale par le temps considéré.

Comme le sens des forces positives ne change pas dans le conducteur fixe, nous pouvons étendre l'intégration à une révolutionentière, c'est-à-dire à partir d'un instant quelconque t' jusqu'à l'instant $t' + \tau$, on obtient ainsi :

$$\frac{1}{\tau}\int_{t'}^{t'+\tau} \varepsilon\, dt = -\frac{1}{\tau}\int_{t'}^{t'+\tau} \frac{d\Omega}{dt}\, dt = \frac{1}{\tau}(\Omega' - \Omega''),$$

où Ω' et Ω'' sont les valeurs initiales et finales de Ω. Mais après un tour entier, la position des conducteurs et la direction du courant j qui a changé deux fois de sens se retrouvent les mêmes qu'au commencement, d'où il résulte que $\Omega'' = \Omega'$, et que l'expression ci-dessus est nulle.

Comme il en est de même pour toutes les subdivisions, nous arrivons à conclure qu'*aucune force électromotrice n'est induite dans le conducteur fixe.*

Les forces électromotrices induites, d'une part par le mouvement, et d'autre part par les changements de sens des courants, se détruisent réciproquement.

§ 5. *Action inductrice du conducteur mobile sur lui-même.*

Il nous reste à considérer l'action inductrice exercée par le courant qui traverse la spirale mobile sur la spirale mobile elle-même.

Il faut remarquer d'abord que le conducteur en question ne se meut que dans son ensemble, de sorte que ses diverses parties ne changent pas leurs situations relatives. Il en résulte que le mouvement de la spirale ne peut engendrer aucune induction réciproque de ces diverses parties.

Nous n'avons donc à nous occuper que des variations du courant, c'est-à-dire du renversement qui se produit deux fois à chaque tour, et chercher s'il peut en résulter une induction sensible. Ce sujet a été traité déjà par Maxwell (1) et par Joubert (2), et je peux suivre ces auteurs, sinon dans le détail du calcul, au moins quant au principe dont ils font usage.

Le changement de sens du courant, au moment du passage de la subdivision considérée contre un des ressorts de contact, s'effectue de la manière suivante. Jusqu'à un certain instant, cette subdivision appartient à l'une des moitiés du système mobile; puis, pendant un temps très court, ses deux bouts sont en contact avec le ressort, et elle forme à elle seule un circuit fermé; cet instant une fois passé, elle fait partie de la seconde moitié de la spirale. Cette circonstance que la subdivision est fermée sur elle-même pendant un instant, si court qu'il soit, empêche d'admettre qu'elle arrive dans la seconde moitié avec le même courant qu'elle avait dans la première, et que tout le renversement ait lieu dans la seconde moitié. Il faut considérer qu'une partie du changement se produit dans l'intervalle de fermeture, et que le reste seulement a lieu dans la seconde moitié.

Chacune de ces deux modifications successives du courant donne lieu à une double induction, d'une part sur la subdivision considérée elle-même *(selbstinduction)*, et de l'autre sur les autres subdivisions de la spirale mobile.

Examinons d'abord la partie de la modification qui se produit pendant l'instant de passage. Il n'y a pas lieu dans cet instant de considérer l'induction de la subdivision sur elle-même; la subdivision étant fermée n'appartient pas alors au circuit général pour lequel il s'agit de déterminer la force électromotrice induite. — Quant à l'effet produit sur les autres subdivisions, celles-ci étant placées symétriquement des deux côtés de la première, les forces induites sont les mêmes des deux côtés. Mais comme dans les deux moitiés la direction des forces

(1) Maxwell, *Phil. Mag.* (4) 33, p. 474. 1867.
(2) Joubert, *C. R.*, 96, p. 641. 1883.

positives est différente, les deux forces engendrées sont de signe contraire et se contre-balancent dans le circuit général. Nous trouvons donc que le changement de courant pendant l'instant de passage n'entraîne l'induction d'aucune force électromotrice sur l'ensemble du circuit.

Nous avons maintenant à considérer la partie du renversement du courant qui a lieu après que la subdivision considérée est entrée dans la seconde moitié de la spirale mobile.

Il faut ici tenir compte de l'induction de la subdivision sur elle-même, puisque cette subdivision fait alors partie du circuit général. L'induction sur les autres portions de la spirale mobile ne se comporte pas non plus comme dans le cas précédent, les deux moitiés de la spirale ne sont plus tout à fait symétriques, car la subdivision considérée touche d'un côté à une subdivision qui se trouve précisément fermée par le ressort de contact, et n'appartient plus, par conséquent, au circuit général, tandis que de l'autre côté sont seulement des subdivisions appartenant à ce circuit. Ce dernier côté ne contre-balance plus exactement l'autre, mais donne un excès de force électromotrice induite, excès dirigé en sens inverse du courant, tout comme la force électromotrice résultant de l'induction de la subdivision sur elle-même.

Pour déterminer cet excès, nous devons former le potentiel électrodynamique de la subdivision considérée sur une subdivision voisine, en supposant la première traversée par le courant réel et la seconde par l'unité de courant; pour obtenir la force électromotrice résultant de son induction sur elle-même, nous devons former le potentiel électrodynamique de la subdivision sur elle-même, en la supposant parcourue d'une part par le courant réel, et de l'autre par l'unité de courant. De la variation de ces potentiels par suite de la variation du courant, on déduit la force électromotrice induite. Et nous ne devons pas tenir compte de tout le renversement du courant, mais seulement de la modification qu'il éprouve après que la subdivision est entrée dans la seconde moitié de la spirale mobile.

La valeur de cette modification ne peut être donnée d'une manière générale. Elle dépend de la construction de la machine et de la position des ressorts de contact. Nous nous bornerons donc à établir une expression renfermant un facteur indéterminé et à y joindre quelques mots d'explication.

La force électromotrice totale E_2, produite par l'induction du conducteur mobile sur lui-même, est en tout cas proportionnelle à l'intensité du courant, laquelle, dans les deux moitiés du circuit prises ensemble, est égale à i. Elle doit de plus être proportionnelle au nombre des tours ν puisqu'elle dépend du nombre des renversements du courant. Nous pouvons donc, en remarquant que cette force électromotrice est négative, poser

$$E_2 = -\rho\, i\nu \tag{7}$$

où ρ est le facteur indéterminé dont nous venons de parler.

Ce facteur a une propriété remarquable entraînant une différence particulière entre E_2 et la quantité E_1 déterminée plus haut. Supposons que le nombre n des subdivisions qui forment la spirale mobile soit changé, d'où résulte naturellement un changement en raison inverse des longueurs de ces subdivisions; et cherchons ce qu'il en résulte pour les quantités E_1 et E_2.

En déterminant E_1 nous avions affaire au potentiel des courants fixes et des aimants sur une subdivision. Ce potentiel est à peu près proportionnel à la longueur de celle-ci où à la fraction $\frac{1}{n}$ et puisque dans le calcul on multiplie par n, on obtient pour E une expression qui est presque indépendante de n.

En déterminant E_2 au contraire nous avons à considérer le potentiel d'une subdivision sur elle-même et celui d'une subdivision sur une autre. Ces deux potentiels à l'exception d'un terme qui existe dans le premier et qui est indépendant de la longueur, sont proportionnels sensiblement au carré de la longueur des subdivisions et par suite à la fraction $\frac{1}{n^2}$; comme ici encore on a à multiplier par n pour avoir l'action totale, la valeur de E_2 qui en résulte doit être à peu près proportionnelle à $\frac{1}{n}$.

Ainsi les grandeurs E_1 et E_2 diffèrent en ce qu'un changement du nombre n des subdivisions qui forment la spirale mobile influence très peu la première et beaucoup la seconde, et cela de telle façon que E_2 diminue quand n augmente. Comme E_2 est négatif et représente une perte de force électromotrice, il y a donc avantage à augmenter autant que possible le nombre des subdivisions.

Ayant dans les équations (6) et (7) les expressions des forces électromotrices E_1 et E_2 qui agissent sur le circuit général, nous pouvons obtenir en les ajoutant, la force électromotrice totale qu est

$$E = n(W' - W'')\nu - \rho\, i\nu \tag{8}$$

§ 6. *Travail effectué par les forces électromotrice et pondéromotrice.*

Pour exprimer le travail de la force électromotrice E pendant l'unité de temps, nous devons la multiplier par l'intensité du courant qui passe par l'ensemble des deux moitiés de la spirale mobile,

c'est-à-dire par i. En employant l'expression (8) ci-dessus, on obtient

$$(9) \qquad Ei = n(W' - W'')iv - \rho i^2 v$$

Il est un autre travail qui peut être utilement comparé avec celui que nous venons de voir : c'est celui de la *force pondéromotrice* exercée sur la spirale par le reste du système.

Si nous considérons une subdivision de la spirale dont chaque moitié est traversée par le courant $\frac{i}{2}$, le travail de la force pondéromotrice qui agit sur elle, est pendant le temps dt, en supposant que cette force émane de conducteurs fixes et que toutes les intensités des courants soient constantes,

$$\frac{i}{2}\frac{dW}{dt}dt$$

on en déduit le travail pour une demi-révolution

$$\frac{1}{2}(W'' - W')$$

et la durée de la demi-révolution étant $\frac{\tau}{2}$ on a pour l'unité de temps le travail

$$\frac{i}{\tau}(W'' - W')$$

ou ce qui est la même chose

$$i(W'' - W')v$$

Comme il y a n subdivisions, le travail T rapporté à l'unité de temps, de la force pondéro-motrice totale qui agit sur la spirale mobile, sera déterminé par l'équation

$$(10) \qquad T = n(W'' - W')iv$$

Si l'on compare ce travail au travail (9) de la force électromotrice, on trouve que ce dernier n'en diffère que par le signe et par le terme $-\rho i^2 v$ qui représente le travail de la force induite dans la spirale elle-même par le courant qui la traverse. On peut donc écrire

$$(11) \qquad Ei = -T - \rho i^2 v$$

§ 7. *Détermination du magnétisme des aimants qui font partie de la machine.*

Pour donner aux résultats théoriques qui précèdent une forme plus précise et mieux appropriée à la suite des calculs, nous devons calculer la force des électro-aimants qui existent dans la machine.

Nous avons d'abord à considérer l'électro-aimant fixe. Son moment magnétique d'où dépend la force qu'il exerce dans le champ compris entre ses pôles, n'est pas proportionnel à l'intensité du courant qui parcourt sa spirale, mais suit une autre loi. Pour une faible intensité de courant il croît à peu près proportionnellement à cette intensité; mais si elle devient plus grande, il croît plus lentement, et si elle est très grande il tend vers une valeur limite. Frœlich [1] a représenté cette loi par une équation qui, sauf des changements de notation sans importance, est la suivante

$$(12) \qquad M = \frac{Ai}{1 + \alpha i}$$

où M est le moment magnétique, A et α des constantes.

Je ne pense certainement pas que ce soit là la meilleure manière de représenter la variation du moment magnétique, mais dans le cas actuel où, par suite des nombreuses circonstances accessoires qui échappent à une évaluation précise, nous ne pouvons pas espérer autre chose que des résultats approchés, il me paraît permis de recourir à cette formule, qui est remarquable par sa simplicité.

Lorsque l'intensité est très faible, il faut tenir compte du magnétisme rémanent existant dans le fer de l'électro-aimant à la suite d'une aimantation précédente. Ce magnétisme rémanent est évidemment sans importance pour des calculs s'appliquant à la machine en pleine marche; mais il constitue une condition essentielle de l'apparition du courant lors de la mise en marche; c'est pourquoi nous aurons à y revenir plus tard. En attendant, nous pouvons en faire abstraction et nous en tenir simplement à l'équation (12).

Nous avons ensuite à considérer le magnétisme du noyau de fer de la spirale mobile : ce magnétisme est plus compliqué à déterminer, parce que, comme nous l'avons déjà remarqué dans le § 1, il provient de deux forces magnétiques exercées l'une par l'électro-aimant fixe et l'autre par le courant qui parcourt la spirale mobile.

La première de ces forces est proportionnelle au moment magnétique M de l'électro-aimant fixe, et si elle agissait seule, elle produirait dans le noyau un moment magnétique que nous pouvons représenter exactement, comme nous l'avons fait pour le moment de l'électro-aimant fixe résultant du courant i, par l'expression

$$\frac{CM}{1 + \gamma M}$$

où C et γ sont des constantes.

La seconde force, perpendiculaire à la première, produirait, si elle agissait seule, un moment magnétique que l'on peut représenter également par

[1] Frœlich, *Electrotech. Zeits. des Berl. Electroteck. Vereins*, II, p. 139, 1881.

une expression de la forme précédente, en remplaçant M par une autre quantité dépendant de la force magnétisante exercée par la spirale sur le noyau, comme le moment magnétique M dépend de la force magnétisante exercée par l'électro-aimant fixe sur le noyau. Soit N cette quantité, que nous définissons en représentant le moment magnétique que la spirale produirait à elle seule dans le noyau de fer par la formule

$$\frac{CN}{1+\gamma N}$$

N doit nécessairement être proportionnelle à l'intensité i du courant dans l'ensemble des deux moitiés de la spirale mobile; de sorte que l'on peut poser

$$N = Bi \tag{13}$$

B étant constant pour chaque machine.

Quand ces deux forces magnétisantes agissent simultanément sur le noyau, le magnétisme qui en résulte doit être augmenté. Pour obtenir le moment magnétique P de ce magnétisme, il faut d'abord former la résultante $\sqrt{M^2+N^2}$ de M et N, et l'on pourrait donner à la nouvelle expression la forme ci-dessus en mettant cette résultante au numérateur et au dénominateur à la place de M ou de N; on aurait alors

$$P = \frac{C\sqrt{M^2+N^2}}{1+\gamma\sqrt{M^2+N^2}}$$

Mais nous avons remarqué déjà que l'expression de Frolich par laquelle nous avons représenté le moment magnétique en fonction de la force magnétisante qui le produit, ne peut être considérée que comme approximative ; et cela est vrai surtout quant à la forme de son dénominateur. Or, le radical $\sqrt{M^2+N^2}$ au dénominateur serait incommode pour le calcul, et nous pouvons sans inconvénient simplifier un peu notre formule. L'une des deux forces magnétisantes est exercée directement par le conrant : elle par conséquent proportionnelle à l'intensité i. L'autre force est produite aussi par le courant, sinon directement au moins indirectement, puisque celui-ci produit le magnétisme de l'électro-aimant fixe, lequel à son tour exerce la force en question. Le degré d'exactitude de la formule ne sera donc pas diminué sensiblement, si l'on y remplace, au dénominateur, le radical par une quantité proportionnelle à l'intensité i; le dénominateur a alors la même forme que dans l'équation (12) et P est donné par

$$P = \frac{C\sqrt{M^2+N^2}}{1+\beta i} \tag{14}$$

où β est une nouvelle constante qu'il faudra déterminer spécialement pour chaque machine.

L'axe de ce moment magnétique P a la même direction que la résultante des forces magnétisantes exercées par l'électro-aimant fixe et par la spirale. Si nous représentons par φ et $\frac{\pi}{2} - \varphi$ les angles que cet axe forme avec les deux forces perpendiculaires, dont la première est dirigée en sens inverse de l'axe de l'électro-aimant fixe, on a pour déterminer φ

$$\cos\varphi = \frac{M}{\sqrt{M^2+N^2}}\ ;\ \sin\varphi = \frac{N}{\sqrt{M^2+N^2}} \tag{15}$$

Au moyen de ces relations nous pouvons décomposer le moment magnétique P suivant les directions des deux forces et obtenir ainsi des composantes dont l'emploi simplifiera la suite du calcul. Représentons ces composantes par P_1 et P_2, nous aurons

$$\left\{\begin{aligned} P_1 &= P\cos\varphi = \frac{CM}{1+\beta i} \\ P_2 &= P\sin\varphi = \frac{CN}{1+\beta i} \end{aligned}\right. \tag{16}$$

(A suivre.) R. Clausius.

APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ

A LA MANŒUVRE DES

SIGNAUX DE CHEMINS DE FER

Deuxième Série

4e article. (*Voir les numéros des* 12 19 *et* 26 *janvier* 1884.)

SIGNAL AVANCÉ DU Dr MATH. HIPP.

Les premiers disques électriques construits par le Dr Hipp, en 1882, à l'usine télégraphique de Neuenburg étaient destinés au réseau des chemins de fer du nord-est de la Suisse.

Le disque actuellement en usage sur la ligne du Saint-Gothard, ne diffère de ce type primitif que par des détails peu importants; c'est ce dernier signal que nous nous proposons de décrire sommairement.

Le principe sur lequel est fondé le fonctionnement de ce disque s'écarte complètement de ce que nous avons vu précédemment. Les courants qui produisent la mise à voie libre et la mise à l'arrêt du signal, sont envoyés au moyen de deux fils distincts, et le mécanisme moteur du signal sert en même temps de commutateur, de manière qu'à chaque manœuvre de disque l'appareil se remet automatiquement en contact en vue de la manœuvre subséquente.

Le disque S (fig. 41), qui est à mouvement con-

tinu, tourne, à chaque émission de courant, d'un angle de 90° : il est à double face rouge, ainsi que la lanterne L qui le surmonte et qui tourne avec lui, de sorte que, quand le disque est effacé, il y a

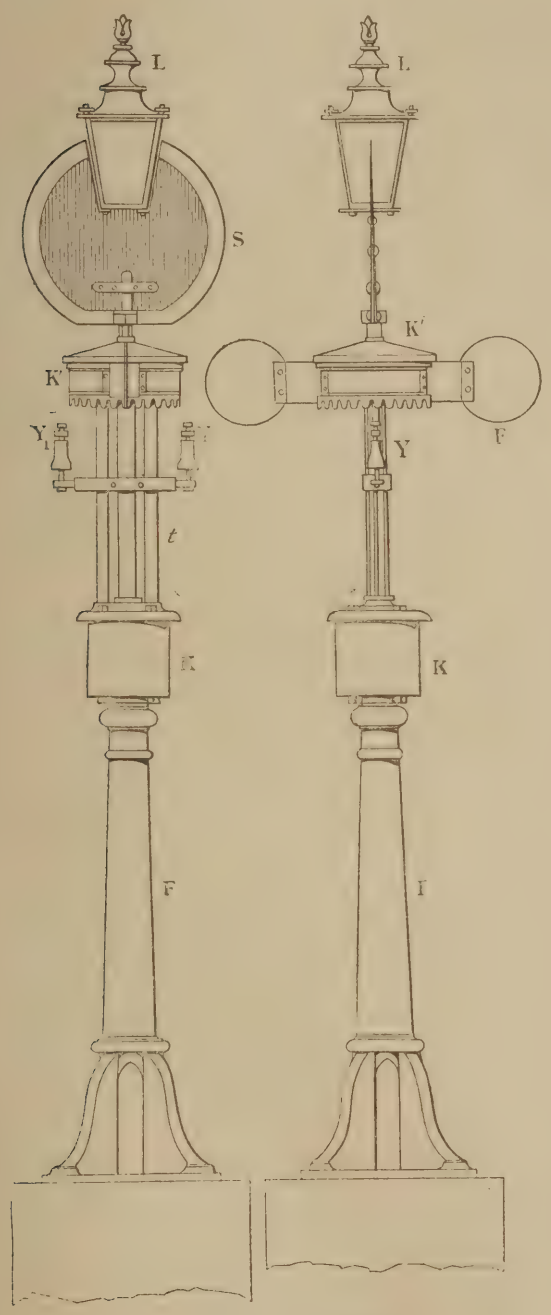


FIG. 41. — SIGNAL DU DOCTEUR HIPP

toujours un voyant rouge parallèle à la voie et que, dans les parties en courbe, cette disposition peut être une cause de confusion pour les mécaniciens.

Ce signal est monté à la partie supérieure d'une colonne en fonte F qui supporte deux boîtes, l'une K contenant le mécanisme de déclenchement électrique, l'autre K' l'arrêt mécanique du mouvement, communiquant entre elles par l'intermédiaire d'une tige continue à l'intérieur d'un tube creux *t*.

En Y et Y, sont les isolateurs où viennent aboutir les deux fils de lignes. Enfin deux ailettes F, orientées dans un plan perpendiculaire au disque S, servant à l'équilibrer et permettant de n'employer, même en cas de tempête, qu'une force relativement faible pour le déclenchement.

Lorsqu'on envoie un courant par l'un des deux

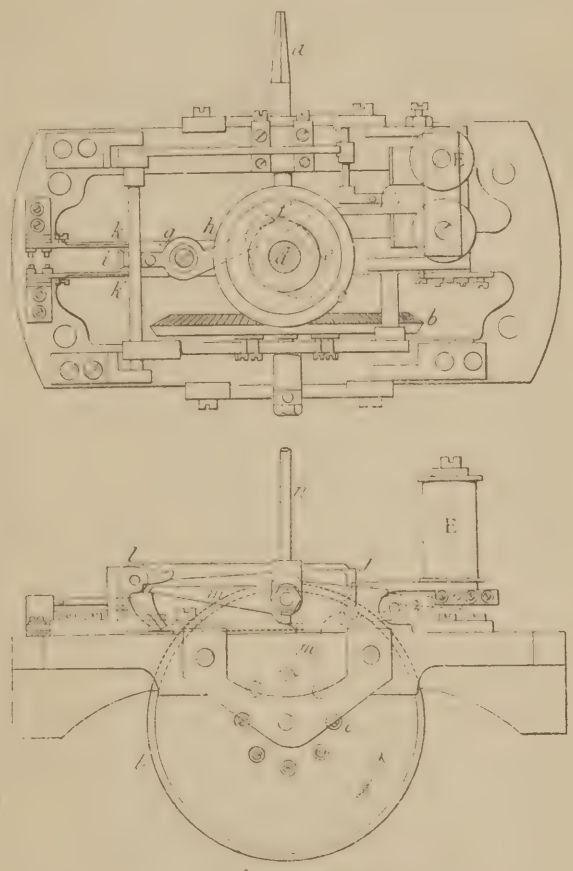


FIG. 43. — MÉCANISME DU SIGNAL HIPP

fils de ligne, ce courant se transmet par le contact K', par exemple, et le doigt *i*, à la masse de l'appareil de déclenchement représenté en plan et en élévation à la figure 42, et de là à l'électro-aimant E. L'armature *z* est attirée et le crochet *j* dégage l'extrémité du levier *l* qui tombe et dont l'autre bras laisse échapper le levier *m;* en s'abaissant sous l'action de son propre poids, celui-ci entraîne avec lui la tige *n*, servant de communication entre les deux boîtes.

Le mouvement de descente de cette tige *n* se transmet au mécanisme contenu dans la boîte supérieure (fig. 43). En effet, cette tige *n* est articulée avec un levier *q* qui sert de buttoir à l'un des

quatre bras *p*, montés en croix autour de l'axe *d* du signal. Dès que la tige *n* abaisse le buttoir mobile *q*, d'ailleurs étayé contre le buttoir fixe *q*, l'ar-

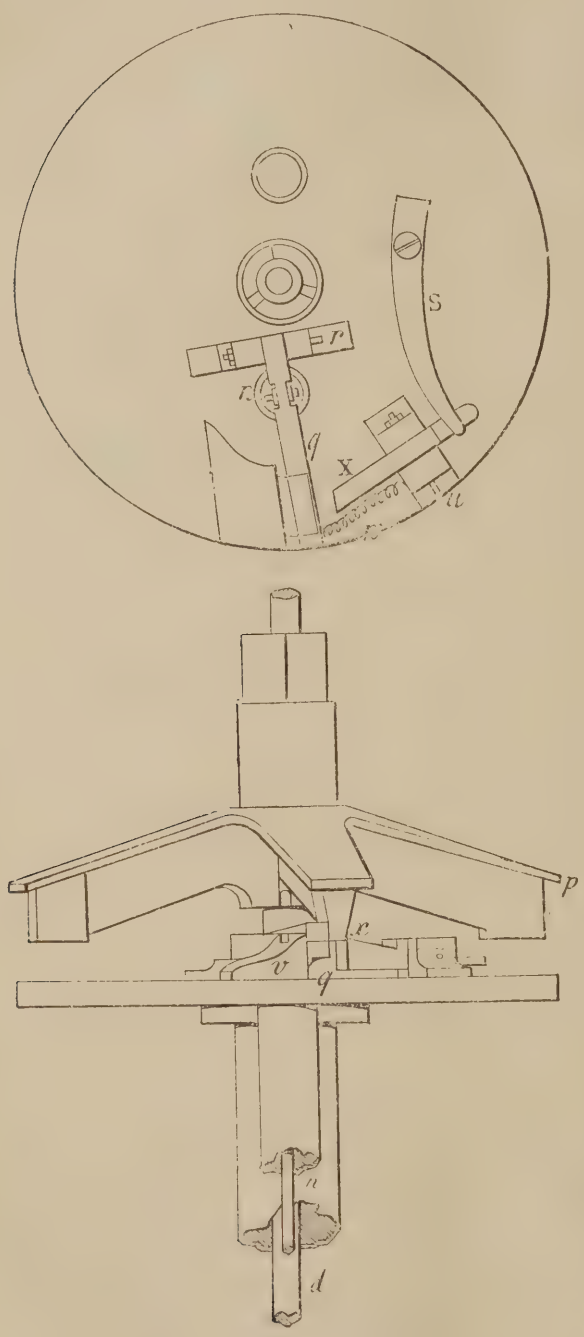


FIG. 43. — MÉCANISME DU SIGNAL HIPP

bre du disque se met à tourner sous l'action de la chute du poids moteur.

Sur cet arbre *d* (fig. 42) est monté un pignon conique *c* qui engrène avec la roue principale *b* du mouvement d'horlogerie, qui peut se remonter à l'aide de la clef *a*. En même temps que se produit ce mouvement de rotation, une rainure elliptique *e*, pratiquée à la partie inférieure de la roue *c* conduit un bouton dépendant du bras *f* du levier *f g i*, et fait changer le contact de K′ en K, de manière à préparer le déclenchement ultérieur du signal, au moyen de l'autre fil de ligne.

Pendant ce temps, l'un des boutons *o*, fixé en cercle sur la roue *b* relève le bras m_1 du levier *m* qui se remet en prise et enclenche de nouveau la tige *l* sur le crochet *j*. Par conséquent, non seulement le mécanisme de déclenchement est prêt à fonctionner de nouveau, mais encore le levier *m* a relevé la tige *n*, de manière à ramener en haut le buttoir *q* (fig. 43) et à arrêter le bras suivant : celui-ci passe, en le faisant fléchir, sur le buttoir à ressort *x*, mobile autour de l'axe *u*, et il est ainsi emprisonné entre *q* et *x* sans pouvoir avancer ni reculer. Le mouvement s'arrête et le disque occupe la position qu'il s'agissait de lui faire prendre.

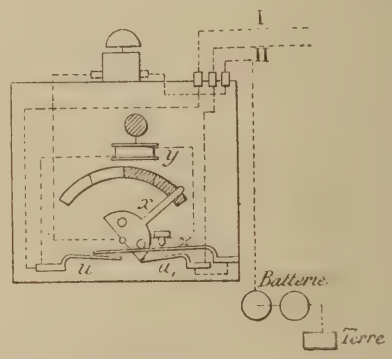


FIG. 44. — MANIPULATEUR DU SIGNAL HIPP

Lorsque le poids moteur qui se trouve à l'intérieur de la colonne de fonte F est complètement relevé, on peut manœuvrer 200 fois le signal.

Le commutateur de la station (fig. 44) a une disposition spéciale; c'est un levier *x*, surmonté d'un manipulateur *y* et appuyant sur une lame de ressort *z* de manière à la mettre en contact tantôt avec l'une tantôt avec l'autre des deux lames *u* u_1 communiquant respectivement avec chacune des deux lignes.

L'électricité atmosphérique n'a aucune action sur ce système, grâce à l'emploi de deux fils, le circuit ne se trouvant jamais fermé que pour la position à laquelle on a voulu précisément amener le signal.

DISQUE ROMMEL

Le signal de Rommel, de Fünf-Kirchen, essayé sur la Sudbahn et sur l'Ouest hongrois, est tantôt un disque à mouvement alternatif, tantôt un sémaphore à aile.

Le disque a la forme indiquée à la fig. 45 : il est

monté à la partie supérieure d'une colonne creuse armée d'une échelle, pour l'allumage de la lanterne. Celle-ci, en effet, ne se descend pas et elle se meut en même temps que le disque, au moyen d'un petit mécanisme contenu dans le support *m* et représenté en plan à la fig. 46; *b* étant l'axe du disque et *a* la lanterne, une bielle de communication fait prendre à celle-ci une position parallèle à celle du mât du disque.

La transformation du mouvement continu de rotation de l'axe *a* (fig. 47) du tambour principal, en un mouvement alternatif de l'axe vertical D du signal, est obtenu par l'intermédiaire des galets *u u'*, qui sont fixés aux extrémités de deux bras perpendiculaires entre eux et montés sur l'axe *a*. Ces galets qui sont situés deux à deux dans des plans différents, agissent respectivement sur deux leviers *b b*, auxquels sont attachés des brins de corde enroulés en sens inverse sur un tambour Q fixé à l'axe D. Entre les deux bras armés de galets est une came à quatre dents *m*, qui font osciller le levier *s*, descendre la bielle *e'* et déclencher le tambour au moyen du crochet *c*. Lorsque l'axe du disque a effectué un quart de tour, le taquet *p* est arrêté par le buttoir *d* et le crochet *c* se remet en prise dans la rainure du tambour Q.

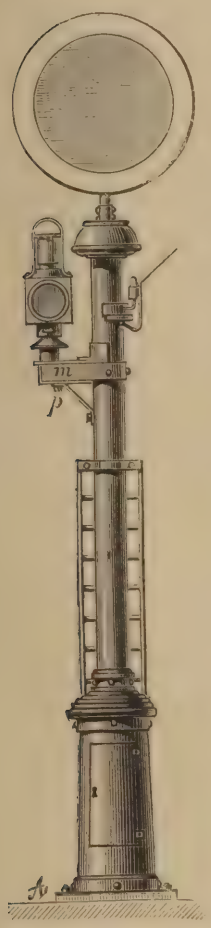


FIG. 45. — DISQUE ROMMEL

Pour se mettre à l'abri des effets perturbateurs de l'électricité atmosphérique, M. Rommel a eu recours à une disposition assez compliquée, mais fort ingénieuse dont le principe est le suivant : il n'y a qu'un fil de ligne, même pour le circuit de contrôle.

L'organe de déclenchement peut fonctionner électriquement ou mécaniquement; enfin, la rupture du circuit seule provoque la mise à l'arrêt du signal. L'appareil est disposé de manière que, quand on interrompt le circuit, un courant qui parcourt la ligne ne permet pas l'enclenchement mécanique et produit seulement un nouveau déclenchement électrique en interrompant de nouveau le circuit; au contraire, quand le circuit est fermé pour la mise à voie libre du signal, l'enclenchement électrique fonctionne seul. Il en résulte que l'enclenchement à voie libre ne peut avoir lieu que quand le signaleur a, de son côté, rendu possible la fermeture du circuit; au contraire, l'enclenchement à l'arrêt ne peut s'opérer que quand le stationnaire maintient de son côté l'interruption du courant.

Ce double désidératum est réalisé de la manière suivante, l'exemple que nous prenons est d'ailleurs celui de la disposition applicable aux sémaphores (systèmes Rommel et Klatky).

Supposons que le signal soit à l'arrêt (fig. 48); aucun courant ne circule dans la ligne et l'axe *a* du mouvement d'horlogerie est enclenché en c_2 par le crochet *n* du levier N. Dès que le courant vient à passer dans la bobine M, le levier d'armature *h* s'incline, dégage le crochet *e* du levier H, dont le poids augmenté de la bande du ressort *f*, détermine la chute; H_1 écarte alors N et le mouvement d'horlogérie déclenché, fait un demi-tour.

Par l'effet de cette manœuvre, l'arc $d_5\, d_1$ pousse vers la gauche le bras v_2 du levier mobile autour de l'axe v_0; l'autre extrémité v_1 de ce levier soulève g_2, de manière à ramener le levier d'armature *h* à sa position verticale; en même temps, la partie saillante de l'arc $d_3\, d_1$ relève le levier H et remet le crochet *e* en prise, pendant que la pointe *y* ramène, à l'aide du ressort f_1, le levier N vers la gauche, afin qu'il saisisse *r* au passage et qu'il arrête le mouvement. Enfin le contact Q, fixé à l'axe *a*, a tourné et est venu presser le ressort f_3, de manière à mettre la bobine en communication avec le sol par le circuit F_3 Q.

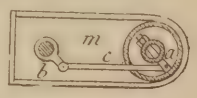


FIG. 46

Ce dernier contact est l'élément essentiel de tout le système; car l'arc $d_2\, d_6$ étant plus court que l'autre, le bras v_2 peut s'incliner vers la droite et le bras v_1 écarte g_1 de manière à interrompre la communication entre la bobine et le ressort F_2.

Dans ces conditions, supposons que le courant, au lieu d'être lancé par le stationnaire d'une manière durable, pour mettre le disque à voie libre, soit le résultat passager d'une perturbation atmosphérique, le levier d'armature *h* n'étant pas appliquée par la force attractive de l'aimant contre la vis de rappel s_2, l'enclenchement n'a pas lieu en *e* et l'appareil continue à tourner jusqu'à ce que le disque soit revenu à l'arrêt. Il se produit là un fait analogue à ce qu'obtient M. Schæffler, dans ses appareils, quoique avec un moyen différent.

Si, au contraire, pendant que le courant passe et que le signal est à voie libre, il se produit une rupture accidentelle, mais passagère du circuit, le déclenchement a lieu et le signal se met à l'arrêt.

Mais, comme le circuit se referme de suite, l'armature est attirée de nouveau, et le levier H n'étant pas réenclenché, l'appareil fait un demi-tour pour

revenir à la position correspondant à la voie libre.

Le mode de transmission du mouvement à l'axe du signal a été modifié dans les derniers appareils. Sur l'axe *a* du mouvement d'horlogerie est montée une came circulaire J excentrée qui actionne le cadre $J_1 J_2$ (fig. 48) mobile autour de J_0 et de l'œillet J_3 duquel s'attache le câble qui commande le mouvement du disque. Suivant que ce cadre, conduit par la came, oscille à droit ou à gauche, le disque fait une rotation de 90° en avant ou en arrière. Le câble s'enroule à la partie supérieure sur l'axe du disque, après avoir passé sur les poulies de renvoi v_3 v_4 (fig. 49). En outre, sur l'axe *a* (fig. 48)

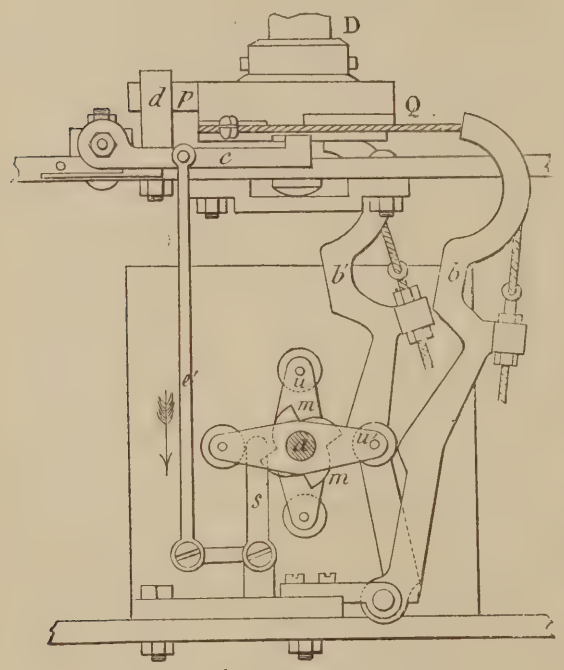


FIG. 47. — MÉCANISME DU DISQUE ROMMEL

est monté une deuxième came excentrée qui se meut entre les bras G_1 G_2. L'oscillation qu'elle leur communique se transmet au balancier G_3 G_4, aux extrémités duquel sont fixés deux brins de corde, passant à la partie supérieure du signal (fig. 49) sur les poulies G_5 G_6 pour s'attacher aux griffes K_1 K_2. Celles-ci enclenchent ou déclenchent, suivant le sens de l'oscillation du balancier, des saillies venues de fonte avec un plateau circulaire concentrique à l'axe du signal.

La lanterne est posée sur un autre plateau dont le support T est solidement fixé à la plaque P_2 et fait saillie par la fente S. Par deux ouvertures vitrées de couleur blanche, placées en face l'une de l'autre et pratiquées dans les parois de la colonne, la lanterne qui suit tous les mouvements du disque, montre au moyen de quatre verres de couleur, pour l'arrêt, un feu rouge du côté du train et blanc du côté de la station, pour la voie libre, un feu vert des deux côtés. La lampe reste, au contraire, immobile, à l'abri de tous les chocs, protégée par la lanterne et par la boîte, contre l'action de l'air et les chances d'extinction.

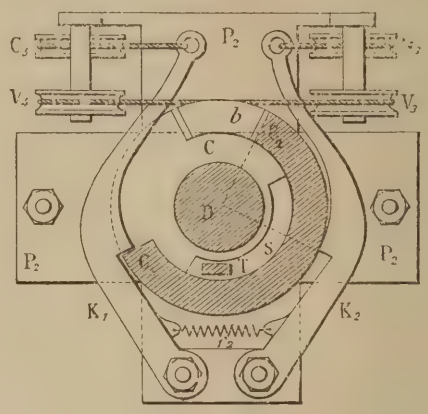


FIG. 49. — NOUVELLE DISPOSITION DU DISQUE ROMMEL

Quand le signal est un sémaphore, la transmission du mouvement se fait plus simplement ; la

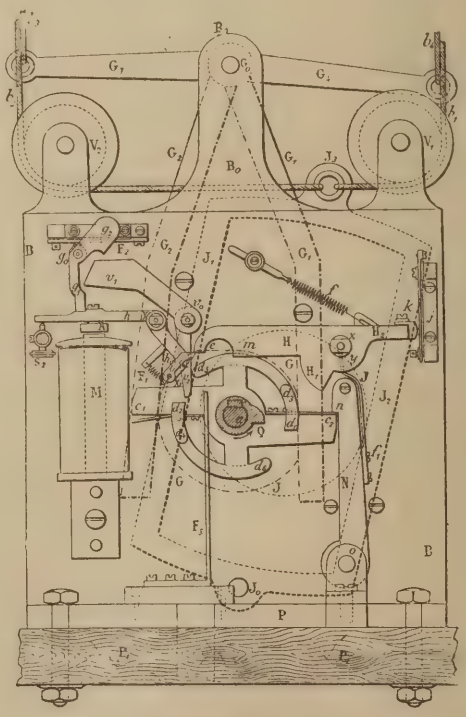


FIG. 48. — DÉCLENCHEMENT ÉLECTRIQUE DU SÉMAPHORE DE ROMMEL ET KLATKY

fourche et le balancier sont supprimés et la corde qui fait mouvoir l'aile s'attache directement à l'œillet J_3 (fig. 48) et à une chape du bâti. L'aile est d'ailleurs équilibrée par un contrepoids dont la corde s'attache également en J_3.

On peut faire à ce système le reproche d'une très grande complication de mécanismes, il est certain qu'avec des organes aussi nombreux, une construction extrêmement soignée, un montage parfait et un entretien minutieux sont des conditions essentielles à son bon fonctionnement.

SIGNAL HATTEMER.

M. Hattemer, inspecteur du service télégraphique du chemin de fer de Berlin à Gorlitz a imaginé un signal électrique, disque ou sémaphore, manœuvré au moyen de courants d'induction.

Le disque S° a la forme indiquée à la figure 50; le mécanisme moteur situé dans la boîte S_1 à la partie supérieure du socle en fonte S contient un organe transmettant le mouvement à l'arbre du disque contenu à l'intérieur du tube S_2. Cet organe dont les diverses positions sont représentées à la figure 51 est une coulisse courbe *j*, munie d'une rainure à son extrémité et conduisant le bouton *z* de la manivelle Z montée sur l'axe a_1 du mouvement d'horlogerie. Pendant les 120 premiers degrés décrits par cet axe, ce disque conserve sa position initiale d'arrêt, le bouton *z* décrivant seulement l'arc de la coulisse sans lui imprimer aucun déplacement. A partir de ce moment, pendant les 120° suivants, le bouton Z entraîne la coulisse, de manière à faire effectuer à l'axe *s*° du signal une rotation de 90° qui fait passer le disque de l'arrêt à la voie libre. Inversement la mise à l'arrêt du disque s'obtient par une rotation de 120° seulement de l'axe a_1, et les pièces reprennent la position initiale.

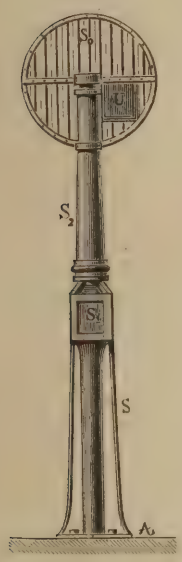


FIG. 50
DISQUE HATTEMER

L'emploi des courants d'induction écarte, en général, presque toutes les chances d'une manœuvre intempestive de l'appareil, notamment sous l'action de perturbations atmosphériques. Cependant, par surcroît de sécurité, M. Hattemer a disposé son système, de manière que le passage de l'arrêt à la voie libre ne puisse s'effectuer sans l'émission de trois séries de courants alternatifs; tandis que le passage de voie libre à l'arrêt ne nécessite qu'une émission simple. En outre, comme l'appareil exige un travail électrique pour fonctionner, et que par conséquent, il ne se mettrait pas à l'arrêt si le fil de ligne venait à manquer pour une cause quelconque, l'appareil décèle lui-même toute irrégularité qui viendrait à se produire, non seulement dans le fil de ligne, mais même dans le circuit de contrôle.

A cet effet, le mécanisme de déclenchement (fig. 52 et 53) se compose : 1° d'un électro-aimant M, entre les deux pôles duquel est placée, comme armature, une pièce d'acier aimanté qui, grâce à sa puissance magnétique, reste toujours collée contre le

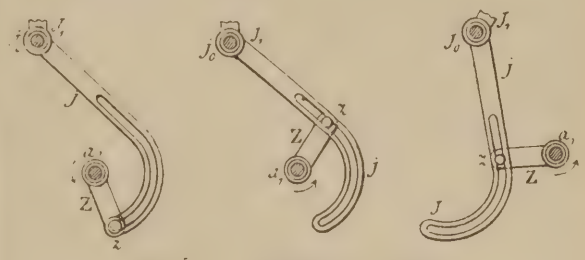


FIG. 51. — COULISSE DE HATTEMER

pôle par lequel elle a été attirée en dernier lieu; 2° d'un poinçon *p* monté sur l'axe de l'armature A et entaillé de chaque côté; 3° d'un levier principal H muni à son extrémité gauche, de couteaux

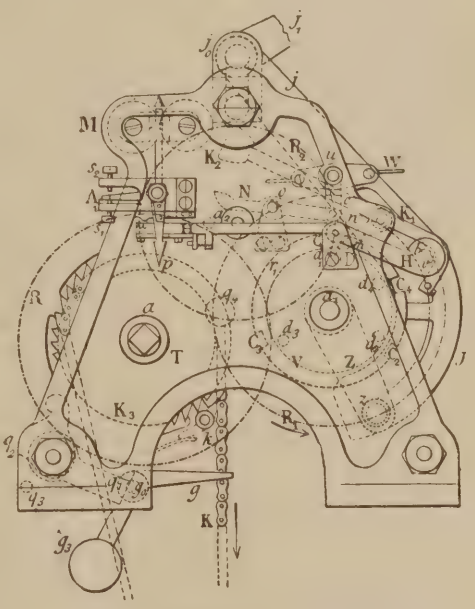


FIG. 52. — MÉCANISME DU SIGNAL HATTEMER

qui reposent alternativement sur chacun des deux rebords du poinçon *p*.

Le second courant de chaque série double a toujours une direction telle que l'armature A reste appliquée contre le pôle de gauche, comme l'indique la figure 52.

Cela posé, admettons que l'on fasse passer une série de courants alternatifs. A la seconde oscillation du poinçon *p*, le levier H se déclenche et tombe par son propre poids, parce que ses cou-

teaux cessent d'être en prise avec les rebords du poinçon. L'autre bras de ce levier dégage l'extrémité K_1 du marteau K_2 qui peut alors tomber avec force sur le levier N, oscillant autour de l'axe *o*, et dégager le crochet *n* de l'échancrure c_1, pratiquée à la circonférence de la roue V,

Le mécanisme d'horlogerie est alors déclenché et le mouvement se transmet de la roue principale R du tambour T, monté sur l'axe *a*, au moyen d'un système d'engrenages R_1 R_2, au volant à ailettes W et à l'axe a_1 qui commande le signal; le système tourne jusqu'à ce que le bouton d_4 butte contre le

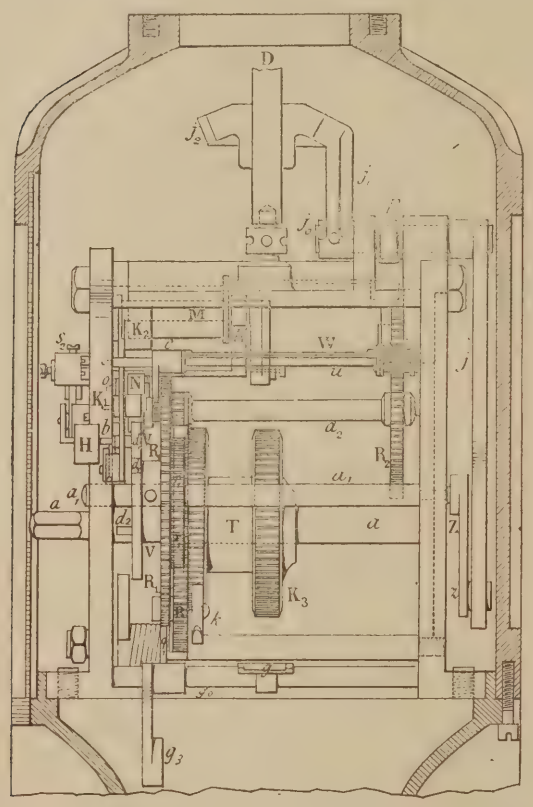


FIG. 53. — MÉCANISME DU SIGNAL HATTEMER. — VUE LATÉRALE

taquet *m*, relève le marteau, et réenclenche le levier H.

Il faut trois de ces déclenchements successifs pour faire passer le disque de l'arrêt à la voie libre; il y a donc quatre entailles C et quatre boutons *d* sur la roue V.

On remarquera d'ailleurs, que, quand il s'agit d'effacer le signal, le mouvement du voyant ne commence à se produire, grâce à la forme curviligne de la coulisse, que vers la fin du second déclenchement et qu'il s'achève avec le troisième.

Quand le poids moteur est au bout de sa course, le dernier maillon de la chaîne de galle K à laquelle il est suspendu, porte une saillie qui abaisse le levier *g* et dégage, par l'échancrure de l'axe g_0, le levier q_1 ; celui-ci vient se mettre en travers et s'oppose au passage de la saillie q_4 fixée sur le tambour. La position de cette saillie est calculée de manière que sa buttée contre le levier q_1 coïncide avec la position à l'arrêt du signal.

Quelques mots maintenant de l'appareil de manœuvre de la station : c'est un inducteur Siemens (fig. 54). Les courants qu'il produit sont toujours positifs à la palette supérieure i_1, négatifs à la palette inférieure i_2 et se succèdent avec une rapidité telle que l'aiguille d'un galvanomètre introduit dans l'appareil, ne subit aucune oscillation. La palette supérieure i_1 est allongée et garnie de deux contacts sur lesquels viennent s'appuyer les deux ressorts f_1 f_2 isolés l'un de l'autre et de l'inducteur.

A l'axe de la grosse roue dentée, commandée par la manivelle U, est vissé un crochet *c* qui, à chaque tour complet, soulève alternativement les

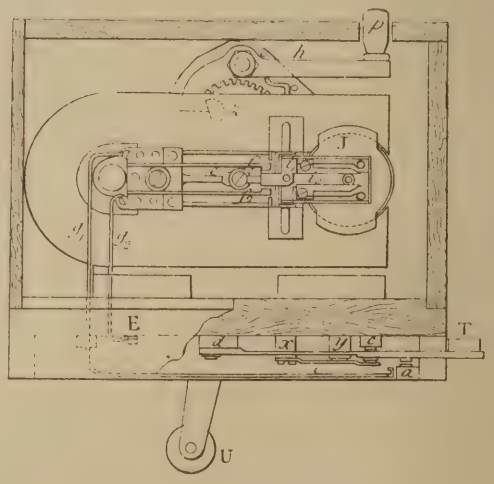


FIG. 54. — MANIPULATEUR DU SIGNAL HATTEMER

ressorts pendant un temps un peu moins long que la durée d'un demi-tour de manivelle. Comme le ressort f_1 communique avec un manipulateur Morse *a* par le fil g_1 et le ressort f_2, avec la terre E, par le fil g_2 à chaque tour de manivelle, la ligne reçoit une série de courants puissants, alternativement positifs et négatifs. Chaque tour de manivelle déclenche, par suite, l'appareil du disque. Pour limiter le mouvement exactement à un demi-tour, la manivelle vient butter contre un crochet *h* que l'on déclenche en appuyant sur le bouton B. L'arrêt nécessaire entre deux déclenchements successifs se trouve ainsi occupé par la manipulation même qu'exige l'appareil.

Cet appareil est puissant et robuste; l'emploi d'un fort coup de marteau pour obtenir le déclenchement du mécanisme moteur est une heureuse idée grâce à laquelle les trépidations, qui n'ont jamais une puissance égale à celle de ce coup de marteau, n'ont aucune action sur l'appareil.

DISQUE ÉLECTRIQUE DE CORRESPONDANCE.

D'un point d'une gare à l'autre, il est fréquemment nécessaire d'informer le personnel de la gare que les voies principales sont occupées et qu'il ne faut pas expédier de trains de machine ou de manœuvres dans la direction d'où vient l'avis. Il est nécessaire que l'appareil qui réalise cet échange de

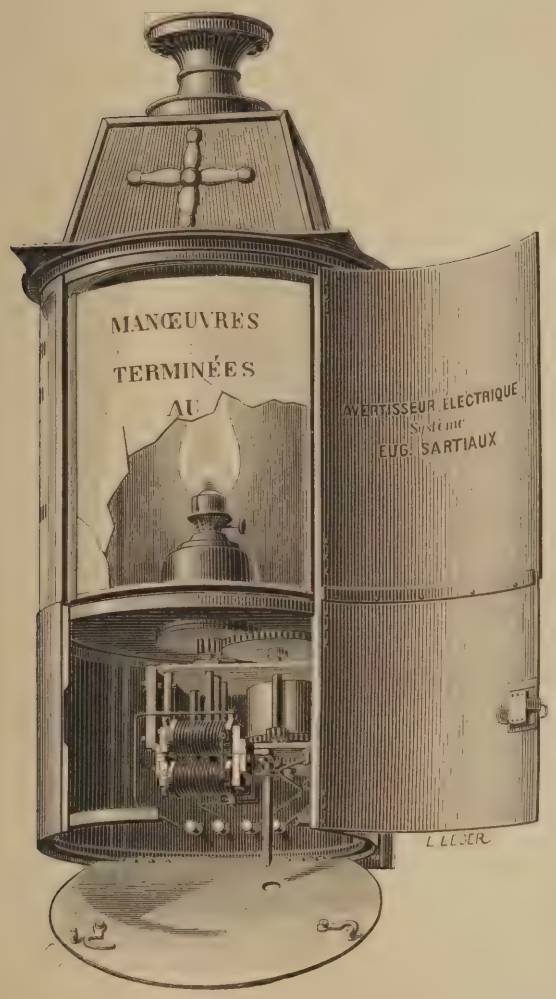


FIG. 55 ET 56. — APPAREIL EUG. SARTIAUX POUR L'ÉCLAIRAGE DES COMMUNICATIONS ÉLECTRIQUES

correspondance entre les agents préposés aux manœuvres n'ait ni la forme ni la signification d'un disque s'adressant aux mécaniciens.

Les petits disques à transmission mécanique qui sont souvent employés à cet usage ont des inconvénients : ils sont d'abord assez coûteux, eu égard à l'intérêt secondaire de leur fonction; en outre, les transmissions par fils non compensés ont besoin d'être continuellement réglées ou fonctionnent d'une manière peu satisfaisante; enfin il n'est pas très commode de multiplier les fils dans l'intérieur des gares, où les agents circulent sans cesse. Le service de l'exploitation de la Compagnie du Nord a donc cherché le moyen de résoudre la question par l'emploi de l'électricité, et elle essaye actuellement un appareil de correspondance construit par la maison Bréguet sur les indications de M. Eug. Sartiaux.

C'est une sorte de lanterne électrique manœuvrée au moyen de deux commutateurs à manivelle, destinés à envoyer des courants négatifs qui font mettre l'appareil à *voie occupée*, l'autre des courants positifs qui le ramènent à la voie libre. Le déclenchement électrique du mouvement d'horlogerie qui fait mouvoir la lanterne est obtenu par l'oscillation d'une palette entre les pôles de deux électro-aimants dans lesquels les courants de sens contraire arrivent alternativement.

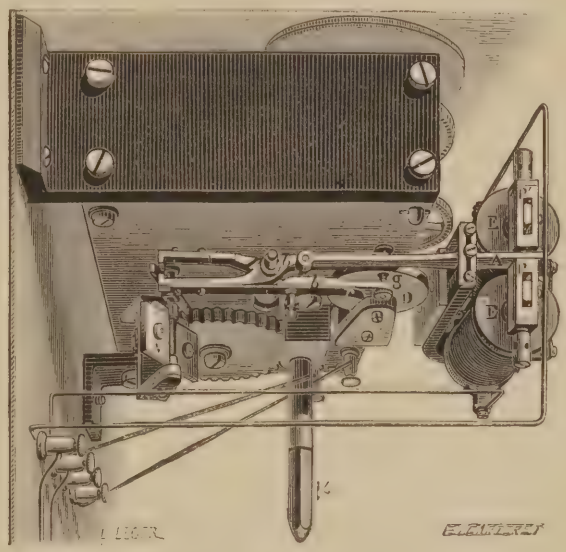


FIG. 56. — APPAREIL EUG. SARTIAUX POUR L'ÉCLAIRAGE DES COMMUNICATIONS ÉLECTRIQUES

Le détail du mécanisme de cet appareil est indiqué aux figures 55 et 56.

Lorsqu'un courant positif, par exemple, passe dans les bobines E de l'électro-aimant, l'armature repoussée par l'un des pôles *p* est attirée par l'autre *p'*, oscille, et son extrémité ouvre les branches *bb b'b'* de ciseaux dont les bouts sont munis de goupilles *g* qui pénètrent dans des trous pratiqués à la surface supérieure et inférieure d'un disque D.

C'est ainsi qu'est déclenché l'appareil qui peu ainsi exécuter un quart de révolution. Les ciseaux se referment aussitôt sous l'action d'un ressort *r* qui, selon le sens du courant, remet l'une ou l'autre des goupilles *g* en prise avec les trous percés sur le disque D, de manière à réenclencher le mouvement.

Selon que le courant passe dans un sens ou

dans l'autre, l'appareil peut occuper l'une ou l'autre de ces deux positions, dans lesquelles la lanterne, située au-dessus du mouvement d'horlogerie, présente, sur les deux côtés diamétralement oppo-

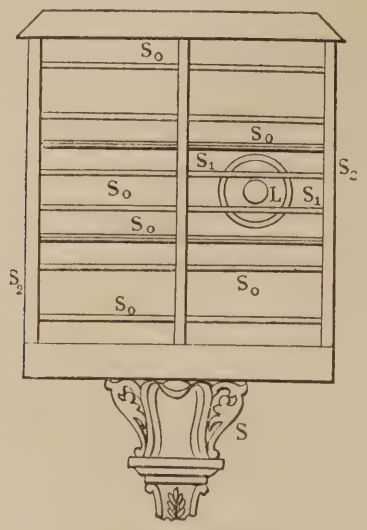


FIG. 57. — SIGNAL A PERSIENNES DE HIPP

sés de l'enveloppe en tôle, une face commandant l'arrêt, ou une face donnant la voie libre.

Un volant à ailettes V règle la vitesse de la rotation du mécanisme qui est d'une puissance considérable, grâce à la force motrice d'un barillet que l'on temonte de l'extérieur au moyen du carré K.

Quand le barillet est à peu près arrivé à la

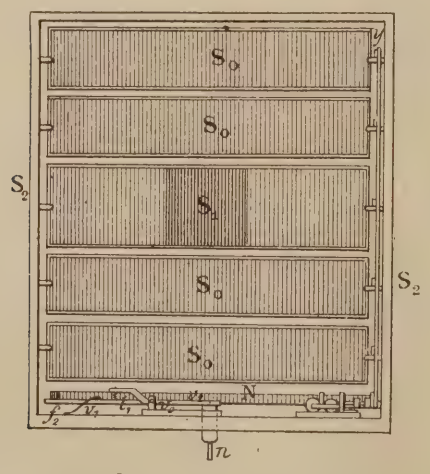


FIG. 58. — SIGNAL HIPP, A L'ARRÊT

limite du déroulement et qu'il devient nécessaire de remonter l'appareil, un ressort de contact, actionné par une saillie, occupant une position déterminée sur le barillet, établit le circuit d'une pile locale et fait tinter une sonnerie, de manière à avertir l'agent chargé de remonter le barillet.

Le jour, les inscriptions de la lanterne sont apparentes en lettres rouges ou noires sur un fond blanc dépoli; la nuit, l'éclairage se fait par transparence, au moyen d'une lampe à pétrole que l'on introduit au centre de la plateforme de la lanterne.

La manœuvre de l'appareil se fait à l'aide d'un double commutateur à manivelle, installé à l'endroit d'où l'on veut transmettre le signal; l'un des commutateurs, correspondant à la voie occupée, n'envoie dans l'appareil que des courants négatifs, tandis que l'autre, correspondant à l'arrêt, n'envoie que des courants positifs.

Cet appareil est à l'essai à la gare de Chauny.

SIGNAL A PERSIENNES DE M. HIPP.

C'est, comme le signal précédent, une sorte d'appareil de commandement destiné plutôt à être

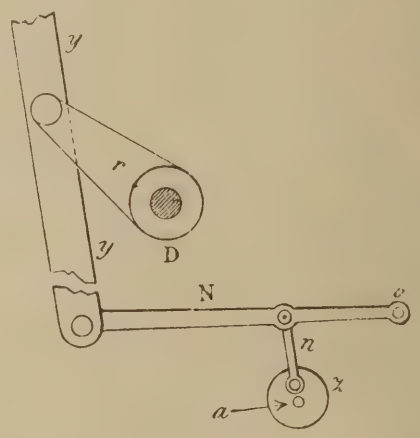


FIG. 59

installé à l'intérieur des gares qu'en pleine voie, plus délicat que ne le sont d'ordinaire les grands disques s'adressant aux mécaniciens.

Cet appareil est une sorte de lanterne rectangulaire et vitrée S_2 (fig. 57) à l'intérieur de laquelle se meuvent des palettes rouges S_0 qui peuvent s'effacer horizontalement. Quand elles sont rabattues verticalement (fig. 58), elles sont jointives et indiquent que la voie est occupée; celle du milieu est munie d'un verre rouge S_0, derrière laquelle se pose la lanterne qui éclaire le signal pendant la nuit.

Chacune de ces palettes est montée sur un axe horizontal D (fig. 59) dont la rotation est conduite par une manivelle *r* articulée avec la même tige verticale *y*. Sur l'axe *a* du mouvement d'horlogerie est calé un plateau manivelle *z* qui communique, par la bielle *n*, un mouvement alternatif d'oscillation au levier N, mobile autour de l'axe *o*, et ce

mouvement se transmet à la tige y, de manière à ouvrir ou fermer les lames des persiennes S_0.

Le mécanisme de déclenchement électrique se compose d'un électro-aimant polarisé M (fig. 60), intercalé sur le fil de ligne et fixé horizontalement

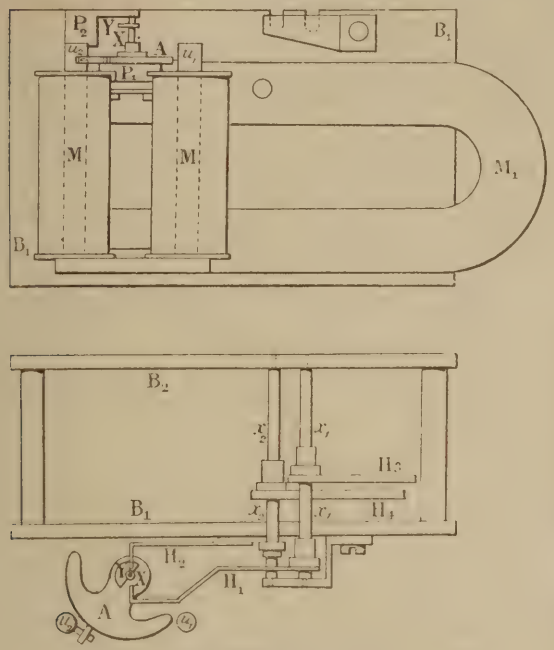


FIG. 60. — DÉCLENCHEMENT DU SIGNAL DE HIPP

sur la plaque B_1 au-dessous de la lanterne. Quand le courant passe, par exemple, de u vers u_2, l'armature A, d'une forme demi-circulaire, oscille, et le taquet y dégage le levier H_2 en enclenchant au contraire le levier H_1. Ces leviers font osciller des axes x_1, x_2, sur lesquels sont montés d'autres bras de leviers H_3, H_4, représentés en élévation latérale

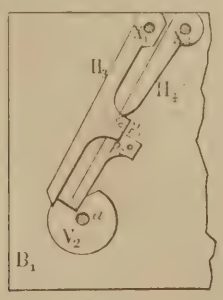


FIG. 61

à la fig. 61. Sur l'axe a du mouvement d'horlogerie sont calés des disques échancrés V_2 dans les crans desquels s'engage l'extrémité de chaque levier H_3 H_4, qui servent alternativement à déclencher et à reenclencher le mouvement d'horlogerie.

(A suivre) M. COSSMANN.

REVUE DE L'EXPOSITION DE VIENNE

Depuis 1881, les expositions d'électricité se succèdent à des intervalles très rapprochés et l'on eût pu s'attendre à les voir se reproduire et se copier simplement les unes les autres. Il n'en a pas été ainsi cependant : si la plus large part doit être faite à l'Exposition de Paris en raison de ce qu'elle a montré la voie et ouvert pour ainsi dire une route nouvelle, l'Exposition de Munich, malgré son moindre développement, a eu aussi son cachet spécial, apporté sa bonne part de progrès et fourni aux électriciens d'importants résultats. L'Exposition de Vienne de son côté a marqué sans nul doute un grand pas en avant et nous nous attendons à trouver à Turin au printemps prochain autre chose qu'une reproduction des précédentes expositions. L'Italie offre en effet cette particularité que l'électricité y a été depuis longtemps fort en honneur auprès des savants, mais que si plusieurs d'entre eux, comme Galvani et Volta, ont acquis de grands noms dans cette science, il en est beaucoup dont les travaux n'ont pas dépassé la frontière. La preuve en est dans les revendications du genre de celle de Pacinotti, que font si fréquemment les savants italiens. En somme, la littérature électrique italienne est peu connue en dehors de l'Italie, et c'est pourquoi nous croyons que l'Exposition de Turin pourra, elle aussi, nous réserver des surprises.

Pour en revenir à l'Exposition de Vienne, qui fait le sujet de cet article, elle a ouvert ses portes le 16 août et les a fermées le 3 novembre 1883. La présidence honoraire du comité d'organisation avait été donné à M. le comte Hans Wilczek, la présidence à M. le baron Victor d'Erlanger. Le comité de direction était composé de M. le chevalier Rudolph de Grimbourg et de M. Charles Pfaff, et avait pour secrétaire M. J. Kareis.

Sous l'active direction de ces comités, grâce à un fonds de garantie qui fut rapidement constitué et au concours des principaux gouvernements de l'Europe, l'installation fut menée en temps à bonne fin.

Comme à Paris en 1881, on avait à Vienne un local tout prêt dans les bâtiments qui restaient d'une précédente exposition universelle, celle de 1873. Le bâtiment central de cette exposition, la Rotonde, située dans le Prater, était tout indiquée pour servir à la nouvelle manifestation des progrès de l'électricité.

La rotonde est un grand bâtiment circulaire qu'enclavent quatre longues galeries, ainsi que le

montre le plan de la fig. 1. A l'intérieur, une galerie circulaire se trouve ménagée autour des lourds piliers qui supportent le toit. La rotonde communique avec les galeries extérieures par quatre larges passages couverts. Dans les angles du carré formé par les quatre galeries droites, quelques arbustes donnent aux portions de terrain restées vides, l'aspect de jardins.

Vu extérieurement, en se plaçant devant l'entrée principale, le palais de l'Exposition présentait l'ap-

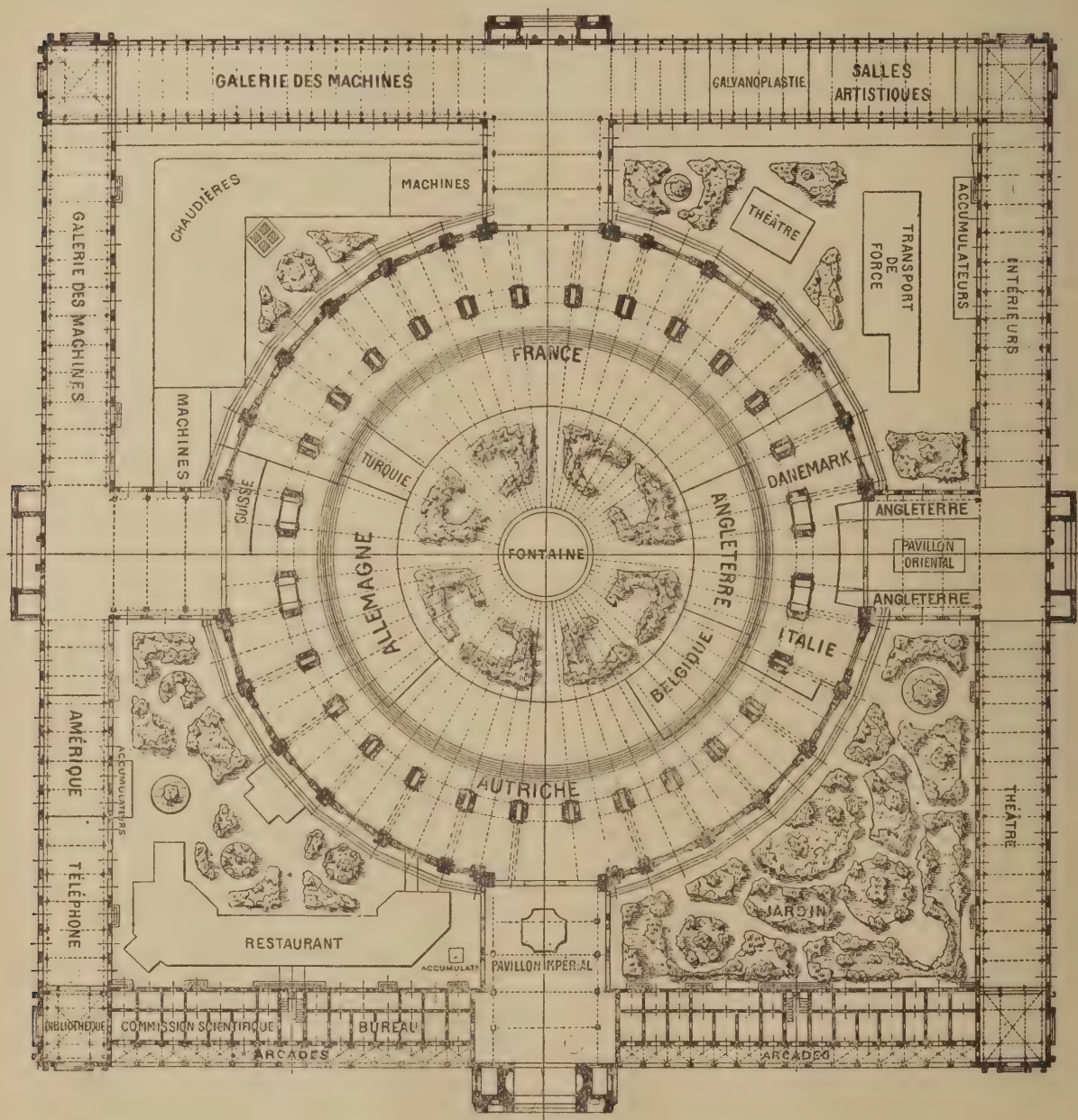


FIG. 1

parence que montre la fig. 2. Le soir, des lampes électriques placées devant le portail sur de grands mâts en fer, en éclairaient la façade, et un cordon circulaire de lampes, disposées à la partie supérieure de la coupole, jetait ses feux sur toute la partie avoisinante du Prater.

A l'intérieur, les appareils exposés et principalement ceux en non-fonctionnement, sauf les lampes, avaient été disposés tant dans la partie centrale de la rotonde que dans la galerie circulaire régnant autour des piliers. Au milieu de cet espace étaient aussi placés les buffets et la cascade dont

FIG. 2. — VUE EXTÉRIEURE DU PALAIS DE L'EXPOSITION DE VIENNE

les nappes étaient mises en jeu par une machine Gramme, tandis que le jet d'eau central était alimenté par un réservoir élevé situé dans le Prater. C'est cette partie de l'Exposition que représente la fig. 3.

Lorsqu'on y entrait de jour, la rotonde paraissait à peine éclairée, elle ne recevait en effet de lumière que par le haut de la coupole et par les fenêtres des bas côtés, et cet éclairage était certainement insuffisant.

Le soir, au contraire, aux lampes éclairant les diverses expositions particulières s'ajoutaient les grands foyers à arc disposés en deux cordons tout autour de la coupole, et l'éclairage était réellement des plus brillants.

Dans les galeries latérales, mieux éclairées de jour que la rotonde proprement dite, on avait placé les machines dynamo-électriques, et le soir celles-ci pourvoyaient aux besoins tant de l'éclairage des galeries mêmes que de l'éclairage général. Ces galeries latérales contenaient en outre une série de petites salles représentant divers intérieurs d'habitation éclairés par les lampes à incandescence, deux salons de peinture éclairés l'un par des lampes à incandescence, l'autre par des lampes-soleil, les salles d'auditions téléphoniques et enfin le théâtre où, pendant toute la durée de l'exposition, ont eu lieu d'intéressantes représentations et conférences.

Comme à Munich, le jury était remplacé par une commission scientifique chargée d'examiner les objets exposés et de délivrer des certificats aux exposants qui le demanderaient. Cette commission était divisée en huit groupes relatifs aux différents appareils à examiner, et ainsi répartis :

I. — Instruments scientifiques.
II. — Moteurs et mécanique générale.
III. — Machines dynamo-électriques, éclairage électrique, transmission de force.
IV. — Electrochimie.
V. — Télégraphie, téléphonie, sonneries électriques et horlogerie électrique.
VI. — Signaux électriques pour chemins de fer et pour l'art militaire.
VII. — Electrothérapeutique.
VIII. — Applications de l'électricité au point de vue industriel et technologique.

Parmi ces groupes, il faut distinguer d'une manière toute spéciale le groupe III, qui avait pour membres M. le professeur Kittler, M. le chevalier Albert Von Obermayer et M. le professeur Ernest Vort. C'est grâce à l'activité et l'énergie déployée par ces messieurs, et particulièrement par MM. Kittler et Voit, qu'est due l'installation de mesures électriques de l'Exposition de Vienne. Ils avaient, à Munich, commencé un important travail sur les lampes et les machines électriques; ils ont tenu à honneur de le continuer à Vienne, et ce que nous savons déjà des essais exécutés par eux avec une patience infatigable nous autorise à affirmer dès à présent que la publication de leurs expériences apportera aux électriciens une abondante moisson de chiffres intéressants.

Abstraction faite de cette continuation de l'œuvre commencée l'année dernière à Munich, on peut se demander quelle aura été l'importance de l'exposition de Vienne.

Au point de vue matériel, en premier lieu, elle a certainement dépassé l'exposition de Paris, tant par le nombre des exposants que par la surface utilisée (plus de 30 000 mètres carrés), et l'affluence des visiteurs a été des plus considérables. Mais ce n'est pas là le point important, et ce qu'il faut voir, c'est si cette exhibition a présenté au public, relativement aux progrès de l'industrie électrique, des résultats importants. On peut, à coup sûr, répondre affirmativement.

L'exposition de Vienne n'a apporté, il est vrai, aucune grande innovation dans le domaine de l'électrotechnique; mais, ce qui vaut peut-être autant, elle a marqué de notables progrès dans la pratique générale. Le développement pris par les grandes maisons qui fabriquent aujourd'hui les machines était très frappant, et la construction des appareils était évidemment faite dans de meilleures conditions pratiques. Le progrès était surtout sensible dans l'exposition de la maison Schuckert dont l'exposition était, en 1881, si peu importante qu'elle a passé presque inaperçue, et qui, à Vienne occupait un des premiers rangs, sinon le premier.

L'éclairage électrique donnait lieu à la même remarque et il en était de même, quoi qu'à un moindre degré, de la téléphonie. On remarquait également l'attention donnée aux appareils de mesures électriques qui sont devenus aujourd'hui si importants et qui étaient très largement représentés à Vienne.

Enfin, la télégraphie, les applications à l'art militaire, l'horlogerie électrique et toutes les autres branches de l'électricité appliquée témoignaient d'un progrès évident.

Nous avons visité l'Exposition de Vienne pendant ses dernières semaines, c'est-à-dire au moment où elle était le plus complète. Les documents que nous avons recueillis, les nombreux croquis que nous avons fait faire et les notes prises également par plusieurs de nos collaborateurs formeront la base d'une série d'études qui, nous l'espérons, donneront au lecteur une juste idée de cette nouvelle manifestation des progrès de l'électricité.

Nous passerons d'abord en revue les appareils de mesures, si importants dans toutes les branches de l'électrotechnique, puis les machines, les lampes, les appareils télégraphiques et téléphoniques et toute la série des applications diverses de l'élec-

FIG. 3. — INTÉRIEUR DE LA ROTONDE

tricité; enfin, nous compléterons ces études en donnant, dès qu'il nous sera possible, les résultats des mesures du Comité d'expériences.

AUG. GUEROUT.

DE LA

RÉPARTITION DE LA LUMIÈRE

DANS UNE INSTALLATION

D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

2e article. (*Voir le numéro du 19 janvier 1884.*)

Toute l'étude que nous avons développée dans un précédent article montre qu'il est facile de déterminer par des formules tous les éléments qui entrent en jeu dans l'étude d'une installation d'éclairage. Nous avons vu par quels moyens il était possible d'assurer à la fois une égale répartition de la lumière, tout en utilisant complètement le pouvoir éclairant d'un foyer. Malheureusement, nous n'avons raisonné que sur l'hypothèse d'un point lumineux, envoyant, dans toutes les directions, la même intensité; et comme dans la pratique, tous les foyers ne peuvent être assimilés à un point, il reste à voir comment en réalité se trouvent modifiées les courbes de répartition quand il s'agit d'une lampe électrique réellement existante. A part, en effet, quelques exceptions comme la Lampe-Soleil, par exemple, qui donne bien l'éclairage maximum au pied de la perpendiculaire abaissée sur le sol, dans la plupart des régulateurs, il n'en est pas ainsi; le pouvoir éclairant varie considérablement avec l'angle d'émission et l'application des formules précédemment établies ne permet plus de se rendre compte des variations de l'intensité lumineuse reçue. Pour avoir une idée exacte de la quantité de lumière produite par un foyer électrique, il ne suffit pas de connaître la valeur de l'intensité lumineuse dans un plan horizontal; mais il faut savoir encore comment varie cette intensité au-dessus et au-dessous de l'horizon. En supposant une sphère de rayon r et ayant à son centre la source lumineuse considérée, la quantité de lumière totale reçue dans notre première hypothèse est

$$E = 4\pi r^2 \times e$$

e étant l'éclairement par unité de surface; mais quand la répartition varie avec l'inclinaison des rayons, il faut décomposer la surface de la sphère en zones élémentaires F G (fig. 8), telles qu'on puisse sans erreur les supposer uniformément éclairées.

Prenons $r = i$, et soient i_1 l'intensité reçue en F, et i_2, celle que reçoit le point G, α_1 et α_2 les angles respectifs avec l'horizontale des rayons AF, AG, on peut prendre sans erreur pour valeur de l'intensité moyenne i

$$i = \frac{i_1 + i_2}{2},$$

et en appelant h la hauteur de la zone élémentaire considérée, la lumière totale qu'elle reçoit est

$$E = 2\pi h \times \frac{(i_1 + i_2)}{2},$$

or comme

$$h = \sin \alpha_1 - \sin \alpha_2,$$

$$E = \pi \sum \left(\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2\right)\left(i_1 + i_2\right),$$

et en divisant cette somme de produits par la sur-

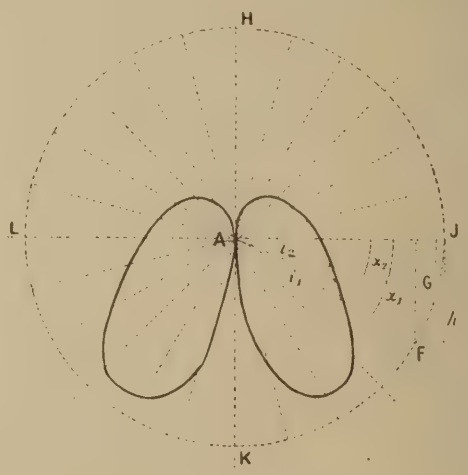


FIG. 8

face de la sphère; la véritable intensité moyenne est

$$i = \frac{1}{4} \sum \left(\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2\right)\left(i_1 + i_2\right).$$

Il suffit en général de faire des mesures dans un seul plan vertical pour obtenir cette valeur; et dans ce cas on est conduit à une courbe représentative de forme analogue à celle qu'indique la figure 8. Les rayons verticaux sont, on le voit, d'intensité à peu près nulle, tandis que le maximum correspond environ à l'angle de 45°.

Ce résultat fut constaté dans l'expérience de M. Bernard, relatée dans notre précédent article; il remarqua en effet que l'intensité lumineuse croissait avec l'inclinaison; mais les mesures photométriques n'ayant été faites que jusqu'à 45° degrés, on ne put tracer une courbe complète déterminant exactement la loi de variation.

En 1881, au contraire, M. Allard a fait une série d'expériences concluantes, au dépôt des phares,

où il opéra sur un régulateur Serrin, alimenté successivement par trois machines Gramme différentes à courant continu, et par une machine de l'Alliance composée de 5 disques, de 16 bobines et de 48 aimants dont 32 formés de 6 lames et 16 de trois lames seulement. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

ANGLES avec l'horizon	INTENSITÉ EN CARCELS				SURFACE des zones sphériques
	Alliance	Gramme n° 1	Gramme n° 2	Gramme n° 3	
degrés					
90	»	»	»	»	0,054
75	120	100	50	30	0,424
60	240	200	100	70	0,820
45	270	460	190	120	1,160
30	280	610	280	170	1,421
15	290	800	380	240	1,584
0	305	1000	490	350	1,640
15	300	1270	610	470	1,584
30	295	1620	810	580	1,421
45	285	1900	800	660	1,160
60	275	1670	870	570	0,820
75	215	700	220	200	0,424
90	»	»	»	»	0,054

La machine Gramme portant le n° 1, était une machine grand modèle à électro-aimants plats, et les machines n°s 2 et 3 étaient du type d'atelier ne différant entre elles que par des détails de construction. Les résultats ainsi obtenus peuvent être acceptés, car ils furent obtenus en opérant dans des conditions se rapprochant autant que possible de la pratique, aucune précaution spéciale n'ayant

FIG. 9

été prise. Les intensités furent mesurées de 15° en 15° au-dessus et au-dessous de l'horizon et en faisant le produit de chaque surface de zone sphérique par l'intensité correspondante, puis divisant ensuite la somme des produits par la somme des surfaces, on obtient dans chaque cas l'intensité

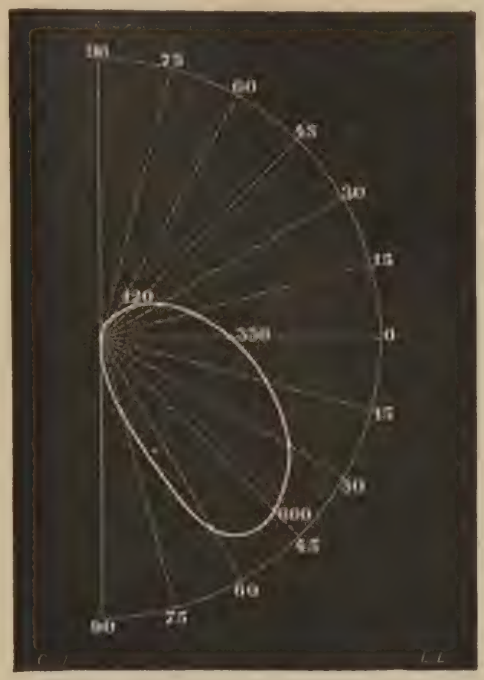


FIG. 10

moyenne. Cette intensité fut ainsi trouvée de 275 carcels pour le cas de la machine de l'Alliance, 1 010 pour la machine Gramme n° 1 et de 493 et de 342 pour les n°s 2 et 3.

Les figures 9, 10 et 11 représentent les courbes tracées dans le premier cas et dans les deux derniers.

On voit qu'avec la machine de l'Alliance, l'intensité à la même distance de l'horizon est un peu plus forte en bas qu'en haut; la quantité de lumière envoyée en-dessous de l'horizon, dépasse de près de 10 o/o celle qui passe au-dessus. Ce résultat dut être attribué à ce que la flamme, en s'élevant au-dessus du foyer absorbe une partie des rayons émis par le haut. Avec les machine Gramme, au contraire, le maximum d'intensité a lieu vers 45 ou 50° au-dessous de l'horizon. Ce maximum est environ double de l'intensité dans le plan horizontal, et la quantité de lumière envoyée au-dessous de l'horizon est environ le triple de celle que reçoit la partie supérieure.

L'année dernière, le comité électrotechnique de l'Exposition de Munich refit des expériences analogues, sur divers types de lampes. Elles portèrent sur des lampes à incandescence, sur des foyers à arc. Les résultats relatifs aux premières furent signalés dans ce recueil par M. Aug. Guerout, et les deux tableaux qui suivent sont relatifs aux

quatre lampes à arc Schuckert, Schwerd, Crompton, Schæffer, le premier donnant les valeurs propres des intensités dans toutes les directions et le se-

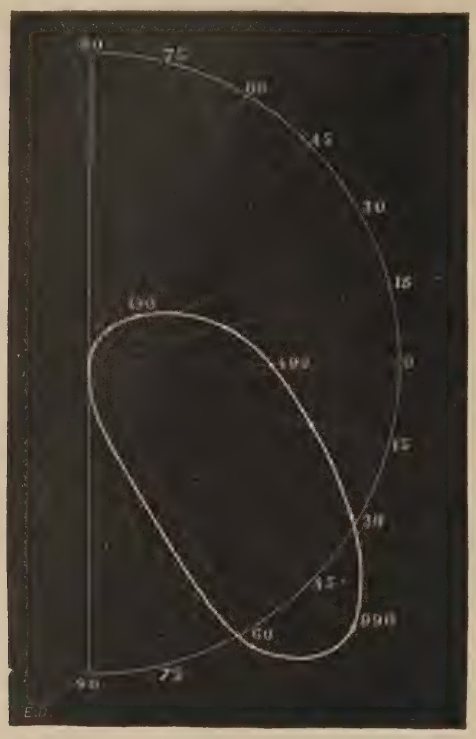


FIG. 11

cond leurs valeurs relatives, l'intensité lumineuse horizontale étant prise comme unité.

ANGLES au-dessous de l'horizon	INTENSITÉS EN VALEURS ABSOLUES			
	Schuckert	Schwerd	Crompton	Schœffer
0	248	443	452	745
15	619	»	1531	»
20	»	»	110	»
30	1037	2859	2523	875
40	1238	»	2116	»
45	1464	3251	3071	»
50	1124	3250	2165	1168
60	788	1836	1986	1227

ANGLES au-dessous de l'horizon	INTENSITÉS, L'HORIZONTALE PRISE POUR UNITÉ			
	Schuckert	Schwerd	Crompton	Schæffer
0	1	1	1	1
15	2,5	»	3,4	»
20	»	»	2,5	»
30	4,2	6,5	5,6	1,2
40	5	»	4,7	»
45	5,9	7,3	6,8	»
50	4,5	7,3	4,8	1,6
60	3,2	4,1	4,4	1,6

Dans ces conditions, l'intensité lumineuse moyenne de ces différents types de lampes fut trouvée être de 466,24 pour le système Schuckert, de

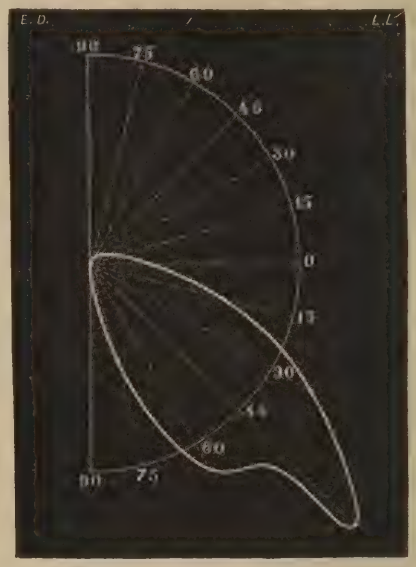


FIG. 12

de 1111,93 pour le système Schwerd, et de 983,36 et 1437,85 pour les lampes Crompton et Schæffer.

Les figures 12 et 13 sont les courbes relatives aux foyers de Schuckert et de Crompton d'après les précédents tableaux ; comme on le voit, la forme générale esr toujours la même; le maximum correspond toujours à un angle voisin de 45° et

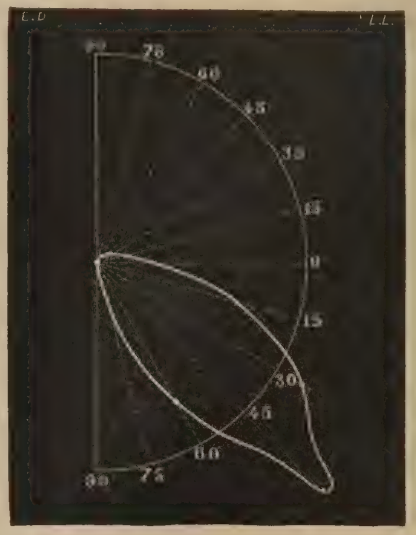


FIG. 13

comme on l'a déjà remarqué la lumière émise au-dessus de l'horizontale, sur une fraction très faible de celle que l'on reçoit au-dessous. Ce fait permet

d'en tirer plusieurs conséquences importantes :

1° Dans des conditions électriques déterminées, une observation photométrique sur l'horizontale ne peut seule fixer le pouvoir éclairant d'un régulateur ;

2° Avec des foyers alimentés par des courants continus, l'emploi d'un réflecteur est d'une très faible utilité ;

3° Pour l'éclairage d'une rue, et pour tous ceux où le sol a seul besoin d'être éclairé, les courants continus donnent de meilleurs résultats que les courants alternatifs ; tandis que ces derniers sont préférables quand les rayons émis peuvent être utilisés dans toutes les directions ;

4° Les foyers de différents systèmes ne peuvent être comparés que dans des conditions identiques d'alimentation.

Cela étant, il reste à rechercher comment les courbes de la répartition de l'éclairage sur les plans perpendiculaires au foyer, se trouvent mo

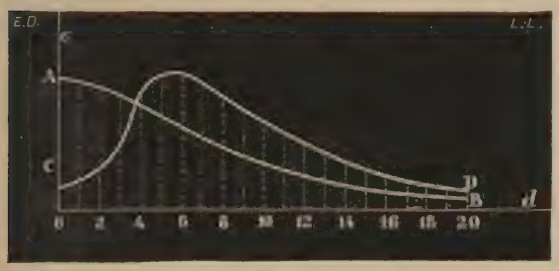


FIG. 14

difiées quand il s'agit d'un système analogue à ceux dont nous venons de parler, et dans lequel le pouvoir éclairant varie considérablement avec les angles d'émission.

Il faut savoir si les théories émises dans notre précédent article, sont encore applicables aux régulateurs électriques, et si dans la pratique on peut remplacer sans erreurs la source lumineuse par un point envoyant dans toutes les directions des rayons d'une intensité égale à la moyenne de celles qu'il émet réellement. *A priori*, il est facile de voir que la répartition de la lumière pour tous les points voisins du pied de la lampe est bien différente dans les deux cas, tandis qu'elle reste à peu près la même pour ceux qui sont plus éloignés. Néanmoins, pour fixer les idées, nous avons pris un cas particulier ; en nous servant des formules précédemment établies, d'une part, nous avons tracé la courbe de répartition en supposant un point lumineux comme source, à une hauteur de 10 mètres, avec une intensité moyenne de 342 carcels, et d'autre part, en nous servant de la courbe tracée fig. 11 qui correspond à un régulateur Serrin alimenté par une machine Gramme, type d'atelier, nous avons pu, sur les mêmes axes, déterminer le diagramme réel, des variations de l'éclairement. Les chiffres sont inscrits dans le tableau ci-contre, et les courbes sont représentées dans la figure 14 :

h en mètres	d en mètres	PREMIER CAS		DEUXIÈME CAS		$\frac{e_2}{e_1}$
		I	e_1	I	e_2	
10	0	342	3,420	50	0.500	»
»	1	»	3,369	80	0,788	»
»	2	»	3,225	120	1,131	»
»	3	»	3 005	200	1,754	»
»	4	»	2,737	400	3,202	»
»	5	»	2,447	500	3,577	»
»	6	»	2.156	580	3.657	1 696
»	8	»	1,628	630	3.000	1,840
»	10	»	1 209	660	2.330	1,925
»	11	»	1,041	640	1,948	1,875
»	15	»	0.583	600	1.024	1,758
»	20	»	0,306	540	0.483	1,548

La courbe AB correspond à un pouvoir éclairant constant, et la courbe CD est celle qu'on obtient en tenant compte de l'intensité propre de chaque rayon lumineux.

Dans les deux cas, la lumière totale émise est la même, mais la répartition sur le sol est toute différente ; la première courbe donne l'éclairement maximum au pied même de la perpendiculaire abaissée du foyer, tandis qu'en réalité ce maximum a lieu à 6 mètres de ce point. A partir de là, l'allure des deux courbes est la même ; les ordonnées de la deuxième étant toujours plus grandes que celles de la première, leur rapport restant à peu près constant dans des limites assez étendues. et dans le cas particulier qui nous occupe, ce n'est que pour les points situés à 3^m70 environ de l'axe que l'éclairement a la même valeur.

Dans ces conditions nouvelles, si nous nous reportons à la figure 5 de notre précédent article, et que dans le cas d'un éclairage de rue, quatre foyers étant seuls considérés, comme le fait M. Marché, nous portions en ordonnées les valeurs de l'éclairement de tous les points compris dans le rectangle A B C D, nous obtiendrons une surface gauche de forme toute différente de la première. Si nous coupons ensuite cette surface par deux plans horizontaux à des hauteurs h et h' correspondant à un maximum et un minimum déterminés d'éclairement, nous obtiendrons en projection sur le sol quelque chose d'analogue à ce que représente la figure 15. Les mêmes zones hachées entourant les pieds des candélabres se retrouvent encore, mais dans ce cas au lieu d'être des zones surabondamment éclairées, ce sont des surfaces obscures.

La partie centrale, qui dans les deux dispositions correspond à une zone insuffisamment éclairée, sera moins étendue pour une même limite dans ce cas que dans le précédent, comme l'indiquent les courbes

de la figure 14, tandis que les surfaces où l'éclairement est surabondant se retrouvent avec une même intensité, mais répartie d'une manière différente dans l'intérieur du même polygone considéré.

En réalité, il n'en sera pas tout à fait de même dans la pratique. La limite inférieure ne sera jamais si élevée pour que, dans les parties voisines des pieds des candélabres, l'éclairement soit insuffisant; et comme si l'on veut tenir compte, pour des foyers déterminés, de la hauteur qui correspond à la meilleure utilisation, les points où l'éclairement est surabondant seront presque toujours inévitables, la zone centrale devra seule attirer l'attention pour que sa surface soit sinon nulle, du moins aussi faible que possible. Dans ces conditions alors, on voit que l'on peut se contenter de la première hypothèse et réduire à un point de rayonnement

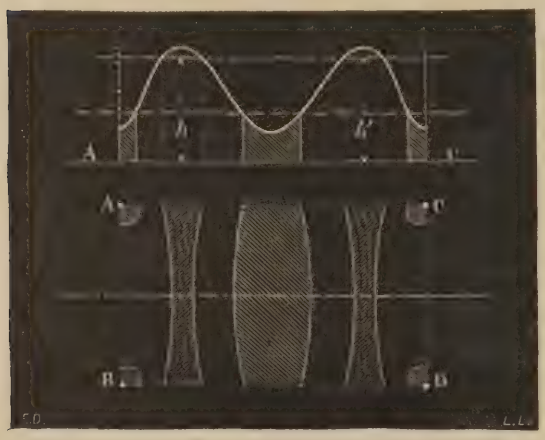


FIG. 15

constant dans toutes les directions, la source lumineuse employée. Si l'on s'est assuré par l'inspection de la courbe correspondant à un pouvoir éclairant moyen et à une machine dynamo déterminée, que les points où l'éclairement est le moindre sont encore à la limite qu'on s'est fixée, on pourra être sûr d'avance des résultats de l'installation.

La théorie, on le voit donc, permet d'étudier d'une façon certaine la répartition de la lumière dans les différents cas qui peuvent se présenter.

Toutes les considérations que nous avons fait valoir, reposent, il est vrai, sur l'hypothèse d'une unité d'éclairement déterminée qui n'existe pas en réalité dans le langage courant; comme nous le disions en commençant, nous manquons de points de repère pour comparer entre elles deux surfaces diversement éclairées; nous ne pouvons déterminer en chiffres les limites au-dessus desquelles l'éclairage est surabondant, comme celles au-dessous desquelles il est insuffisant; mais si les termes conventionnels manquent, c'est à nous de les créer.

P. CLEMENCEAU.

UN POINT

DE

L'HISTOIRE DE LA TÉLÉGRAPHIE

LES TRAVAUX DE FRANCISCO SALVA

Parmi ceux qui les premiers se sont occupés de la télégraphie électrique, l'espagnol Salva mérite assurément une place à part; ses efforts ont été appréciés à leur juste valeur par mon ami Saavedra dans son excellent livre *Trattato de Telegraphia*, ainsi que par M. J.-J. Fahie dans son *History of the electric Telegraph to the year 1837*, que publie en ce moment le journal l'*Electrician*, ils ont été mentionnés par M. Aug. Guerout dans ses études sur l'*Historique de la Télégraphie*, mais sont cependant peu connus en France, et nous croyons que les lecteurs de *La Lumière Electrique* en liront le détail avec intérêt.

Don Francisco Salva y Campillo naquit à Barcelone le 12 juillet 1751 et obtint un diplôme de docteur en médecine à l'université de Tolosa, après avoir fait ses études avec beaucoup d'éclat à Valence et à Huesca.

De retour dans sa ville natale, il s'y rendit bientôt célèbre et réussit à se créer une large clientèle comme médecin. Il entreprit de fréquents voyages à l'étranger où il fit la connaissance de plusieurs savants, surtout parmi ceux qui s'étaient voués à l'étude de l'électricité.

Salva paraît avoir fait construire à Madrid, dès 1790, un télégraphe électrique inventé par lui et analogue à celui de Reusser.

La *Gazette de Madrid* du 25 novembre 1796 parle également d'un télégraphe électrique de son invention, que Salva aurait fait fonctionner devant le roi et la cour, et dont tout le monde admirait la rapidité et la simplicité.

Salva mourut à Barcelone le 13 février 1828, après une vie active et entièrement dévouée à la science.

Les documents suivants, qui se trouvent dans les archives de la *Real academia de sciencias naturales y artes* de Barcelone, furent communiqués par Salva à cette académie, de 1795 à 1804; j'ai essayé, dans ma traduction, de respecter autant que possible le style original de l'auteur.

F. BROWNE.

Communication sur l'électricité appliquée à la Télégraphie.

L'électricité, plus que toutes les autres sciences, peut être prise comme exemple pour montrer que les découvertes les plus importantes peuvent ré-

sulter des expériences les plus simples, donnant ainsi aux chercheurs un encouragement précieux à de nouveaux efforts. Ainsi, le fait qu'une pointe métallique placée à une certaine distance d'un conducteur électrisé devient lumineuse, et que cet effet ne se produit plus avec une boule de fer placée près de la pointe, paraît être de mince importance aux yeux de la plupart des personnes. Qu'un corps pointu attire l'électricité d'un conducteur sans aucun bruit et que le fluide électrique passe du conducteur sur la boule avec un bruit de craquement, cela paraît plutôt devoir amuser les enfants qu'attirer l'attention des hommes de science. Ce sont pourtant ces expériences qui ont inspiré au célèbre physicien Franklin la grandiose idée d'enlever impunément la foudre aux nuages et de la conduire selon sa guise à un endroit quelconque où elle ne pourrait faire aucun mal. La plus grande utilité du choc électrique de la fameuse bouteille de Leyde, semble être de surprendre et d'intéresser les gens, néanmoins c'est la secousse violente et rapide produite sur le corps humain par ce choc qui a donné l'idée à Jalabert, à Bohadreh et à d'autres, d'appliquer l'électricité à la science médicale, et nous devons déjà plusieurs guérisons importantes à cet agent merveilleux.

Je ne désire pas m'étendre sur ce point, j'ai seulement voulu prouver que les applications de l'électricité ne sont pas épuisées, et que si l'on étudie et réfléchit avec soin, de nouveaux avantages peuvent être tirés des expériences les plus vieilles et les plus simples en apparence.

Le génie vif et impatient de nos voisins a produit de nos jours le télégraphe à signaux, qui est l'art de communiquer des nouvelles à une grande distance avec une rapidité qui aurait paru miraculeuse à une époque moins éclairée ou plus crédule.

Selon les rapports de nos journaux, quelques expériences ont été faites en Espagne sur cette découverte ; j'apprends que M. le conseiller Bockmann a fait des essais à Carlsruhe avec un télégraphe de son invention, enfin les Anglais ont déjà établi et monté une ligne télégraphique de Plymouth à Londres, par laquelle ils communiquent rapidement les nouvelles intéressantes.

L'optique a jusqu'ici fourni le matériel de cet art nouveau et important, mais peut-être l'électricité bien appliquée pourrait-elle nous donner des résultats aussi précieux, et c'est ce que j'ai voulu prouver en essayant de montrer que les bénéfices à retirer des expériences connues sont loin d'être épuisés.

Ainsi qu'il est dit dans le *History of Electricity*, de Priestley, vol. 1, page 203, des Anglais infatigables comme Watson, Bevis et d'autres, ont montré que la décharge d'une bouteille de Leyde traverse en un instant un fil de plus de 12 milles anglais, et qu'il fût même impossible de mesurer le temps du passage du fluide électrique d'un bout du fil à l'autre.

Si nous avions un fil allant d'ici à Mataro et un autre de Mataro à Barcelone, et si un homme à Mataro tenait les deux bouts des fils entre ses mains, nous pourrions à l'aide d'une bouteille de Leyde, un peu plus grande que celle des Anglais dont nous venons de parler, produire la commotion et par ce moyen l'informer d'une chose convenue d'avance, par exemple de la mort d'une personne, et cela aussi rapidement qu'avec le meilleur télégraphe. Mais ceci ne suffit pas, et il faut que cet appareil puisse communiquer toute espèce de nouvelles. Il est donc nécessaire de faire parler l'électricité si on veut l'appliquer à la télégraphie, un résultat que je ne désespère nullement d'obtenir.

Avec vingt-deux ou même avec dix-huit lettres, on pourrait composer tous les mots nécessaires à une communication quelconque, de sorte que si nous avions d'ici à Mataro 44 fils qui seraient tenus par 22 personnes, il serait possible, à l'aide de 22 bouteilles de Leyde chargées d'électricité, d'envoyer des signaux de Barcelone à Mataro. Nous n'aurions qu'à faire représenter chaque lettre par une des 22 personnes, qui donnerait avis chaque fois qu'elle sentirait le choc électrique.

Si ceux qui représentent les lettres P, E, D, R, O, sentent le choc, il est certain que j'ai voulu dire « Pedro », et on pourrait ainsi transmettre le reste des mots nécessaires à la communication qu'on voudrait faire.

La possibilité de la chose étant admise, il ne reste qu'à chercher les moyens de la simplifier ; il n'est pas nécessaire d'avoir 22 personnes à Mataro ni 22 bouteilles de Leyde à Barcelone, comme je viens de le proposer pour mieux me faire comprendre.

Il serait facile, sans grandes connaissances en électricité, de combiner les 44 bouts des fils de différentes manières, de sorte qu'une ou deux personnes sauraient, à ne pas s'y méprendre, par quelle combinaison le choc ou fluide électrique aurait passé, et il suffirait ainsi pour pouvoir correspondre d'avoir quelques personnes au courant du langage télégraphique. On pourrait, en outre, arranger les lignes pour pouvoir signaler de Mataro à Barcelone aussi bien que de Barcelone à Mataro. Pour cela il faudrait seulement 6 ou 8 bouteilles de Leyde qu'on chargerait successivement pour éviter toute perte de temps, pendant que les autres se déchargeraient en signalant la lettre.

Il semble presque impossible d'établir autant de fils qu'il faudrait pour faire parler l'électricité d'un endroit éloigné de 3 ou 4 lieues, car même en les établissant sur de grands poteaux à bras auxquels on les attacherait séparément et isolés, ils reste-

raient toujours fort exposés à la destruction par les gamins.

Mais il n'est pas nécessaire de séparer les fils qui peuvent être tressés ensemble sans que l'électricité passe de l'un à l'autre, et il est certain qu'une corde composée de 44 fils ne serait pas sujette à casser ou à être détruite par des gamins, surtout si elle était suspendue sur de grands poteaux.

Dans mes premières expériences faites avec un petit télégraphe à moitié fini seulement, je couvrais les fils de papier avant de les rouler ensemble et j'ai toujours pu envoyer l'électricité par le fil que je voulais.

Un papier enduit de résine ou de toute autre matière isolante donnerait encore de meilleurs résultats.

Suivant le plan auquel je viens de faire allusion, la corde de fils pourrait être placée dans des tuyaux souterrains en les séparant, pour plus de sécurité, par une ou deux couches de résine pour bien les isoler; ils seraient ainsi à l'abri de toute destruction par malveillance et l'expérience aurait un succès certain.

J'ai parlé de la distance entre Mataro et Barcelone parce que c'est à peu près celle que franchissait la décharge d'une bouteille de Leyde, lors des expériences en Angleterre.

Priestley ne donne aucune indication des dimensions de la bouteille, et désireux de les trouver moi-même pratiquement, j'ai chargé un de nos confrères, M. Gonzalez, de couvrir un globe de verre, comme on s'en sert pour les poissons, avec des feuilles d'étain à l'intérieur. Je choisis le plus grand modèle que je pus trouver, avec un diamètre de 2 pieds à peu près et M. Gonzalez réussit, avec l'adresse et la patience qui le distinguent, à l'arranger à mon entière satisfaction vers le mois de juin ou juillet. Le résultat ne fut pourtant pas favorable, car l'appareil ne donnait aucun choc électrique.

Me basant sur certaines expériences, je pensais d'abord que le défaut était attribuable à une humidité provenant de la colle dont on s'était servi pour attacher les feuilles d'étain et qui était retenue par le verre, mais je me suis bientôt rendu compte de mon erreur puisque le verre avait eu tout le temps pour sécher. J'en conclus qu'il n'était pas complètement vitrifié à la partie où le globe se joint à la tige, ce qui est cause que certaines bouteilles ne se chargent pas d'électricité. J'avais raison, car, après avoir enlevé la feuille de métal de cette partie, l'appareil fonctionnait, mais je n'ai pas eu le temps, depuis, de faire l'essai que je me proposais pour déterminer à quelle distance irait la force produite par une telle bouteille.

Il est inutile d'ajouter que mon intention était de m'assurer si le télégraphe électrique pouvait être poussé plus loin que trois lieues. Néanmoins, je sais que cela est praticable. Il est à supposer que les expériences dont parle Priestley furent faites avec une seule bouteille, mais il y a une différence énorme entre la force d'un seul élément et celle d'une batterie de cent ou deux cents jarres, comme en ont plusieurs savants. En augmentant le nombre des jarres, il est probable que leur force serait capable d'envoyer le choc électrique à une distance de 50 ou même 100 lieues. D'autre part, la machine à gaine de taffetas suffirait pour charger ces batteries en fort peu de temps, de sorte qu'il ne serait pas impossible d'établir un télégraphe électrique d'ici à Madrid, au moyen duquel deux personnes, aidées de trois ou quatre domestiques, pourraient communiquer rapidement ensemble, bien mieux qu'en France où il est nécessaire d'avoir un personnel et des instruments pour chaque distance de 3 à 4 lieues, c'est-à-dire de multiplier les télégraphes, ce qui ne leur réussit pas même toujours si le temps est couvert, s'il pleut ou neige, tandis qu'au contraire le temps qu'il fait n'est d'aucune importance, pourvu qu'il soit favorable à l'endroit où les batteries électriques doivent être chargées. On ne peut nier en effet que cette opération ne réussit pas toujours surtout par un temps humide, car bien qu'on arrive, dans ce cas, à produire l'électricité par la machine, les jarres ne la retiendront pas ainsi que mes expériences l'ont prouvé à plusieurs reprises.

Mais, comme le dit M. Ingenhouz dans son livre (*Expériences de Physique*, page 168), on a construit des jarres capables de rester chargées pendant 24 et même 48 heures, par conséquent en les chargeant à l'approche du mauvais temps, on est presque certain de pouvoir toujours communiquer.

De plus, le célèbre Père Beccaria a démontré que les tableaux magiques préparés avec de la résine selon les indications de son livre (*Electrecismo artificiale, etc.*, n° 201, p. 76), sont bien supérieurs au verre et au cristal, parce qu'ils donnent le choc avec beaucoup plus de force et parce qu'ils retiennent mieux l'électricité par un temps humide. Il a ainsi trouvé, par des expériences, que l'électrophore donnait plusieurs étincelles, tandis que le cristal de la machine électrique ne donnait presque rien.

Enfin, M. de Luc a proposé un moyen de garder un local constamment sec et ce système qu'il compte employer pour la gradation de ses hygromètres pourrait fort bien servir pour la charge des batteries électriques quelle que soit l'humidité de l'atmosphère. La compression de l'air par la machine construite à cet effet, faciliterait également la charge des batteries par les grandes chaleurs, car l'électricité s'échappe et s'étend dans un air raréfié.

Finalement, je suis convaincu que par l'étude approfondie de la question on arrivera à vaincre des difficultés plutôt apparentes que réelles. Bien des choses qui d'abord ne semblaient être que des rêves sont devenues des réalités. Quant au télégraphe, nous savons que la proposition de Linguet de communiquer des nouvelles à une grande distance en quelques secondes fut considérée, il y a bien des années, comme l'idée d'un fou; malgré cela les Français, qui savent mépriser les difficultés, ont réalisé cette idée dont la possibilité est aujourd'hui indiscutable.

Laissant ces considérations de côté, on trouve toujours, à mesure que les sciences et les arts avancent, des moyens pour vaincre les obstacles, en apparence les plus formidables. L'Académie le sait bien et n'ignore pas qu'il serait très préjudiciable au progrès des arts de conclure que, parce qu'une expérience ne réussit pas, tout essai ultérieur aurait le même résultat. Un échec ne devrait donc décourager personne, car d'autres peuvent réussir dans des circonstances plus favorables où leurs devanciers ont échoué: c'est pourquoi je suis persuadé que cette assemblée de savants ne dédaignera pas l'idée que je viens de lui soumettre.

Afin d'augmenter l'intérêt de mon sujet je ferai remarquer que l'existence du télégraphe français ne compromettrait nullement le télégraphe électrique, dans le cas où on arriverait à l'établir, d'abord par les raisons que je viens de communiquer et aussi parce que celui-ci est plus facile et moins coûteux et qu'on pourra l'établir dans des endroits où le télégraphe français ne pourrait opérer.

Il est certain qu'avec les instruments optiques employés par ce dernier il est impossible de distinguer les signaux à une distance de plus de 5 ou 6 lieues, il faut alors augmenter le nombre des postes d'observation ou établir de nouveaux télégraphes. Je crois qu'il y en a 12 entre Lille et Paris D'autre part le télégraphe à signaux optiques n'est d'aucune utilité pour communiquer avec une île située à 40 ou 50 lieues du continent. Tel n'est pas le cas du télégraphe électrique qui trouverait ici une application des plus avantageuses, car il est parfaitement possible de faire et de couvrir les cordes composées des 22 fils de manière à les rendre imperméables à l'eau. En les laissant aller jusqu'au fond de l'eau elles y trouveront un soutien, elles ne seraient presque jamais touchées ou dérangées et en menant les bouts aux endroits ou maisons où se trouvent les machines électriques avec leurs appareils on pourrait communiquer les nouvelles de la même manière et avec plus de rapidité qu'avec le télégraphe à signaux. L'expérience tentée en Angleterre de faire passer le circuit à travers une partie de la Tamise a parfaitement réussi, et je ne vois pas pourquoi le câble de 22 fils ne traverserait pas la mer aussi bien. Si les tremblements de terre sont causés par l'électricité allant d'un point chargé d'électricité positive à un autre chargé d'électricité négative ainsi que Bertolon le prouve dans son livre sur l'électricité des météores (vol. 1, page 273) on n'aurait même pas besoin d'un câble pour communiquer à travers la mer un signal arrangé d'avance. On pourrait par exemple disposer à Mallorca un terrain ou une grande place chargée d'électricité et à Alicante une autre chargée d'électricité opposée avec un fil allant du bord de la mer jusqu'à cette place. Un autre fil irait du bord de la mer à la place à Mallorca, la communication entre les deux endroits serait alors complétée et le fluide électrique traversant la mer qui est un excellent conducteur indiquera par son étincelle la nouvelle qu'on désire communiquer. Pour prouver la seule possibilité de parler au moyen de l'électricité il ne faudrait que votre présence, Messieurs, aux expériences avec le petit télégraphe que je viens de finir. J'ai couvert 17 paires de fils de ligne avec des rubans de papier, matériel simple et facile à trouver partout; j'ai réuni 17 de ces fils en une corde, les bouts se terminent dans plusieurs trous de 2 planches, les 17 autres fils sont disposés de la même manière. Les 4 planches sont ainsi placées que les bouts des fils correspondent ensemble, une série étant en face de l'autre. Au bout de chaque fil il y a un petit bouton rond de sorte que le passage du fluide électrique d'un bouton à un autre sera signalé par un bruit. Pour plus de sécurité j'ai appliqué des bandes étroites d'étain sur de grands verres de 3 pouces d'épaisseur et par ce moyen le passage de l'électricité peut être distinctement observé. Je donne le nom d'une lettre à chaque bout de ces paires de petites bandes et je reconnais ainsi la lettre signalée quand l'électricité passe par la petite bande de métal. Les bouts opposés des fils sont arrangés de la même manière mais sans rubans métalliques. Si je désire maintenant signaler la lettre A, je prends la bouteille de Leyde chargée d'électricité, je touche avec sa surface le bouton du fil qui correspond à cette lettre, et avec la petite tige métallique qui part de la surface intérieure je touche l'autre fil qui correspond au premier et au même instant la personne qui observe les bandes métalliques placées sur le verre entendra un son et verra passer l'étincelle électrique exactement par les deux fils qui désignent la lettre A. La même opération se répète pour chaque lettre dont se composent les mots que je désire envoyer.

Afin de ne perdre aucun temps en chargeant et en déchargeant les bouteilles j'en charge 4 à la fois, j'en prends une pour signaler une lettre comme je viens de l'expliquer. La machine électrique conti-

nue à tourner, alors je touche le conducteur avec la même jarre et comme le fluide électrique se distribue soudainement, cette jarre ne me servira qu'ensuite pour signaler une autre lettre six fois consécutives. Chaque jarre a une superficie totale de 200 pouces carrés couverts d'étain, dont 100 à l'intérieur et 100 à l'extérieur. Par un temps favorable à l'électricité, 4 tours de ma machine suffisent pour charger une jarre avec assez d'électricité pour signaler une lettre à une distance de 14 mètres qui est celle de mon petit télégraphe, et, même par le temps le plus défavorable, il n'a jamais fallu plus que 15 tours pour charger une jarre pour cette distance. Le disque de la machine a 27 pouces de diamètre et fait 75 tours par minute avec un mouvement régulier.

Il n'est pas difficile avec ces données de calculer la surface qu'il faudrait donner à la batterie pour pouvoir communiquer l'électricité à une distance de 100 lieues, ainsi que le temps qu'il faudrait pour la charger, en tenant compte de la possibilité d'accélérer l'opération en employant des machines à gaine de taffetas ou en multipliant les machines à disque en les faisant toutes communiquer avec le même conducteur. Il semble donc correct de supposer qu'avec 400 pouces de batterie on franchira le double de la distance de 200 et qu'il faudra deux fois plus de temps pour charger 400 que 200, pourtant mes expériences me portent à croire que le fluide électrique ne suit pas cette échelle de progression et que le choc électrique franchira une distance double avec moins qu'une superficie double et également qu'une jarre de 400 pouces peut être chargée par un nombre de tours du disque moindre que le double des tours qu'il faut pour une jarre de 200.

Ne pouvant disposer du temps nécessaire aux expériences, je ne possède pas tous les renseignements désirables sur ce sujet et je prie l'académie de me permettre de publier cette communication afin que d'autres plus savants que moi disposant de plus de temps puissent perfectionner et développer mon idée.

DON FRANCISCO SALVA.

16 décembre 1795. *(A suivre.)*

REVUE DES TRAVAUX
RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Sur la force électromotrice du zinc et du cadmium amalgamés, par W. Robb (1).

On admet d'ordinaire que le zinc acquiert une force électromotrice plus grande par l'amalgamation et que le contraire a lieu pour le cadmium. On a même expliqué ce fait en s'appuyant sur ce que l'amalgamation du zinc absorbe de la chaleur; la chaleur ainsi absorbée s'ajouterait à la chaleur chimique pour engendrer l'énergie électrique du courant.

M. Robb vient de faire dans le laboratoire de M. Helmholtz des expériences d'après lesquelles le fait même de la variation de la force électromotrice du zinc par l'amalgamation n'existerait pas. Pour faire ces expériences, il est nécessaire, d'après l'auteur, d'opérer sur des dissolutions de sulfate de zinc neutralisées, et sur des électrodes de zinc très pur.

On neutralise une dissolution de sulfate de zinc en la mettant au contact de carbonate de zinc, lequel se compose de l'acide libre; on obtient des baguettes de zinc pur en décomposant une dissolution de sulfate de zinc pur par le courant. Si les précautions que nous venons d'indiquer ne sont pas remplies, on obtient des résultats irréguliers : deux électrodes qui semblent être pareilles présentent une différence électrique. Au contraire, si on opère avec du zinc galvanoplastique et une dissolution neutre, on constate que ces baguettes, opposées l'une à l'autre, présentent une différence électrique nulle. Vient-on à amalgamer l'une d'elles? la différence électrique continue à être nulle.

D'après M. Robb, les forces électromotrices attribuées à l'amalgamation tiennent en réalité à une variation dans la composition chimique du liquide.

Si le liquide contient de l'acide libre, il attaque le zinc non amalgamé, et il s'enrichit par suite en sulfate de zinc; la même action ne se produit pas, ou se produit à un moindre degré, au contact du zinc amalgamé. Il naît donc peu à peu une force électromotrice due à une différence de concentration.

C'est pour cette raison que la force électromotrice observée par M. J. Reynaud croît lentement jusqu'à un maximum. L'auteur a constaté que cette force électromotrice maximum est voisine de celle que l'on obtient en mettant deux morceaux de zinc pur dans des dissolutions inégalement concentrées.

Avec le cadmium, les résultats de l'expérience sont différents, même en opérant sur du cadmium déposé par galvanoplastie et sur des dissolutions de cadmium neutralisées, on constate que l'amalgamation diminue la force électromotrice du cadmium dans son sel. Deux morceaux de cadmium, l'un pur l'autre amalgamé et plongés dans une dissolution neutre du même métal, constituent une pile dont le pôle positif est au cadmium amalgamé; mais la force électromotrice de cette pile diminue avec le temps jusqu'à une valeur minima.

(1) *Annales de Wiedemann*, n° 12 *bis*, 1883.

Le gaz et l'éclairage électrique (1)

Il est toujours intéressant de comparer les prix de revient de l'éclairage par le gaz et par la lumière électrique. Voici les résultats de quelques mesures effectuées à Mayence à la suite d'une polémique survenue entre la Compagnie du gaz et les électriciens de l'endroit.

PRIX DU GAZ

Pour l'éclairage	*Pour les moteurs*
1000 litres à 0 fr. 242	1000 litres à 0 fr. 165

I. — ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

LAMPE	GAZ CONSOMMÉ par heure	EFFET	EFFET pour 100 litres de gaz	PRIX DE REVIENT POUR 100 BOUGIES PAR HEURE		
				Gaz consommé	Perte	Total
Lampe à arc. .	2250 litres	225 bougies	10,0 bougies	16,5 centimes	4,4 centimes	20,9 centimes
— Swan. .	281 —	16 —	5,7 —	28,9 —	5,5 —	34,4 —
— Edison.	375 —	10,6 —	2,8 —	58,8 —	7,7 —	66,5 —

II. — ÉCLAIRAGE AU GAZ

TYPE	GAZ CONSOMMÉ par heure	EFFET	EFFET pour 100 litres de gaz	PRIX DE REVIENT POUR 100 BOUGIES PAR HEURE		
				Gaz consommé	Perte	Total
Lanterne n° 1. .	180 litres	26,8 bougies	14,88 bougies	16,2 centimes	»	16,2 centimes
— 2. .	290 —	43,2 —	14,88 —	16,2 —	»	16,2 —
— — 3. .	620	92,3	14,88	16,2 —	»	16,2 —
— — 4. .	850 —	126,5	14,88 —	16,2 —	»	16,2 —
— — 5. .	1100 —	163,7 —	14,88 —	16,2 —	»	16,2 —
Couronne I. . .	340	57,0 —	16,76 —	14,4 —	»	14,4 —
— III. .	640 —	110,0 —	17,15 —	14,0 —	»	14,0 —
— V. .	1175 —	205,0 —	17,45 —	13,8	»	13,8 —

Dans ces expériences, la machine dynamo-électrique génératrice de courant était mue par un moteur à gaz du système Otto, dont la force se trouvait être de 10 chevaux et la consommation de gaz de 4500 litres. C'est ce dernier chiffre qui a servi de base aux évaluations précédentes. On peut admettre que cette consommation serait seulement de 3000 litres si l'on employait des machines plus petites; on trouverait dans ce cas, comme prix de revient par 100 bougies et par heure, les valeurs suivantes :

Lampe à arc	0 fr. 154
Lampe Swan.	0 fr. 247
Lampe Edison	0 fr. 478

qui donneraient l'avantage à la lampe à arc sur le gaz même, dans le cas d'un moteur à gaz.

(1) *Centrablatt für Elektrotechnik*, 1884, n° 1.

Nouvelle méthode pour déterminer l'inclinaison magnétique avec la boussole à induction, par M. Wild (1).

Dans le n° 22 du t. XCVII des *Comptes rendus* (26 novembre 1883), M. Mascart a publié sous le titre : « Sur une boussole magnétique à induction », un article dans lequel il fait mention de la méthode que j'ai indiquée pour l'emploi de cet instrument, mais son exposé pourrait faire croire que ma méthode ne comporte qu'une complication assez inutile de l'ancienne méthode de M. Weber. Qu'il me soit permis de décrire ici mon procédé pour démontrer qu'il comporte un avantage réel sur l'ancienne méthode.

« La méthode indiquée par M. Weber pour déterminer l'inclinaison magnétique à l'aide de courants induits dans une bobine par les composantes

(1) Note présentée à l'Académie des sciences, dans la séance du 14 janvier 1884.

horizontale et verticale du magnétisme terrestre est d'une expérimentation très facile et très exacte et ne demande pas un calcul très compliqué. Elle est plus simple que les modifications que M. Mascart et moi avons indiquées, parce qu'elle ne demande pas un cercle divisé et que l'orientation et le nivellement de l'axe de la bobine induite restent à peu de chose près les mêmes pour les trois méthodes. De plus, elle exige pour l'exécution moins de temps que la détermination de l'inclinaison avec une boussole ordinaire d'inclinaison à aiguilles aimantées et donne pourtant des résultats plus constants. Si son emploi n'est pas plus répandu, cela tient surtout à ce que l'appareil demande pour son installation plus de temps et un lieu convenable.

« Dans plusieurs observatoires où l'on a introduit la boussole à induction, on avait trouvé d'assez grandes différences (jusqu'à 15′) entre les inclinaisons déduites de ces expériences et celles obtenues avec les boussoles ordinaires, et l'on était généralement disposé à donner la préférence aux premières, comme impliquant moins de sources d'erreurs. Par des recherches plus approfondies à l'observatoire de Pawlowsk, avec deux boussoles à induction de construction différente et une très bonne boussole à aiguilles de Dover, j'ai le premier démontré que cette supposition était erronée, et que la plus grande partie de l'erreur provenait des boussoles à induction. L'une des deux boussoles que j'ai employées donnait une différence de 15′ et l'autre seulement une de 5′, en comparaison avec une même boussole d'inclinaison ordinaire. Dans le Mémoire *(Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg*, t. XXVI, n° 8, novembre 1878) où j'ai décrit ces expériences, j'ai ensuite démontré que l'erreur provenait de ce que les déviations des galvanomètres employés ordinairement dans ces expériences n'étaient pas rigoureusement proportionnelles à l'intensité du courant, même lorsque ces déviations n'atteignent que 2° à 3°,5. Il fallait donc, pour éviter ces erreurs, ou déterminer la fonction d'après laquelle varie la sensibilité du galvanomètre avec la déviation et développer la théorie de l'oscillation d'un aimant dans un galvanomètre sous de telles conditions, ou trouver une méthode d'opération avec la boussole à induction qui fût indépendante de cette non-constance de la sensibilité du galvanomètre.

« C'est M. Chwolson, à Saint-Pétersbourg, et un peu plus tard M. Schering, à Gœttingue, qui ont entrepris de modifier la théorie de l'amortissement d'un aimant oscillant dans un galvanomètre, en prenant en considération sa sensibilité variable avec l'angle. M. Chwolson a, de plus, communiqué dans ses Mémoires à ce sujet *(Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg*, t. XXVI, n° 4, 1879, et t. XXVII, n° 3, 1880) la détermination des fonctions de sensibilité pour les deux galvanomètres que j'avais employés dans mes recherches et en a déduit ensuite, d'après sa théorie, les corrections à appliquer à mes résultats. Il a trouvé de cette manière que les différences entre les indications de la boussole à induction et de la boussole ordinaire à aiguilles se réduisaient, pour l'un des instruments, de 15′ à 0′,6 et, pour l'autre, de 5′ à 0′,6.

« De mon côté, j'ai cherché à surmonter cette difficulté en expérimentant de façon à rendre les déviations à peu près égales dans les deux opérations. On y parvient en fixant l'axe de rotation de la bobine dans deux positions, qui fassent avec la direction de la force totale du magnétisme terrestre le même angle des deux côtés. Les déviations de l'aimant du galvanomètre changent alors de sens, mais elles sont à peu près égales dans les deux cas, et la variabilité de la sensibilité avec l'angle de déviation est alors éliminée du résultat. Il est vrai qu'il faut ajouter à l'instrument de M. Weber, pour la réalisation de ce procédé, un cercle divisé qui permet de lire l'angle de l'axe de rotation avec la verticale. En appelant ces angles b_1 et b_2 dans les deux opérations et Φ_1 et Φ_2 les déviations constantes du galvanomètre obtenues d'après la méthode de multiplication, l'inclinaison magnétique i est donnée par la formule simple

$$\operatorname{tang} i = \frac{\Phi_2 \cos b_1 - \Phi_1 \cos b_2}{\Phi_2 \sin b_1 - \Phi_1 \sin b_2}.$$

« Des expériences que j'ai faites à l'observatoire de Pawlowsk (voir le *Bulletin de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg*, tome XXVII, mai 1881) d'après cette méthode, en choisissant des inclinaisons de l'axe de rotation distantes seulement d'environ 1° de l'inclinaison magnétique, donnaient comme moyenne de 15 observations, pendant les mois de juin et juillet 1880, l'équation

$$\text{boussole à induction} - \text{boussole à aiguilles (Dover)} = -0'51'' \pm 11'',$$

où $\pm 11''$ représente l'erreur moyenne d'une comparaison.

« En 1881, j'ai encore perfectionné cette méthode en employant un galvanomètre dont la fonction de sensibilité était peu variable et en choisissant une fois la position verticale pour l'axe de rotation (l'angle avec la direction de la force totale est alors $90 - i'$), l'autre fois une position qui faisait avec la verticale l'angle $b = 180° - 2\,i'$, où i' représente l'inclinaison approximative du lieu. Cette modification rend les observations beaucoup plus simples, et la formule devient alors

$$\operatorname{tang} i = \operatorname{tang} i' \left(1 + \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{2\,\Phi_1} \frac{1}{\sin^2 i'}\right),$$

Φ_1 étant la déviation constante de l'aimant pour la position verticale de l'axe. L'angle i' se trouve en mesurant b sur le cercle divisé. Douze observations, d'après cette méthode, faites à la fin de l'année 1881 et au commencement de 1882 par trois observateurs différents, ont fourni le résultat :

boussole à induction — boussole à aiguilles (Dover)
$= -0'50'' \pm 9''$.

Le résultat est donc presque le même, et l'on trouvera que l'exactitude de la méthode ne laisse rien à désirer.

« De plus, une détermination complète demande moins de temps qu'avec la boussole à aiguilles (30m). Les recherches seront encore poursuivies avec des appareils modifiés, et surtout plus petits. »

Traitement des minerais d'or et d'argent par l'action combinée, de l'électricité et du mercure.

La méthode généralement employée pour extraire l'or et l'argent des minerais qui les renferment, consiste à réduire ces minerais en poudre et à les faire passer à l'aide d'un courant d'eau sur des cuves pleines de mercure. Le métal s'amalgame au passage avec le mercure, dont il est facile de le séparer ensuite par distillation.

Ce procédé est avantageux et économique puisque c'est toujours le même mercure qui sert, malheureusement il ne peut être mis en pratique que lorsque le minerai est très pur. Dès que ce même minerai renferme des impuretés, et c'est là le cas le plus fréquent, ces impuretés viennent salir la surface des cuves et l'amalgame cesse de se produire.

« Certains minerais qui contiennent trop d'impuretés sont, par suite de cette circonstance, impossible à traiter. On peut citer, par exemple, un quartz contenant par tonne 1 250 grammes d'or et dont il était impossible de rien tirer. M. Richard Barker est arrivé à débarrasser le mercure des impuretés qui le recouvrent, grâce à un procédé électrique, basé sur ce fait curieux que si l'on relie le mercure avec le pôle négatif d'une machine dynamo-électrique et si l'on plonge dans l'eau courante une électrode reliée au pôle positif, les impuretés sont entraînées vers ce dernier, et le mercure se trouve nettoyé et recouvre son activité [1] ».

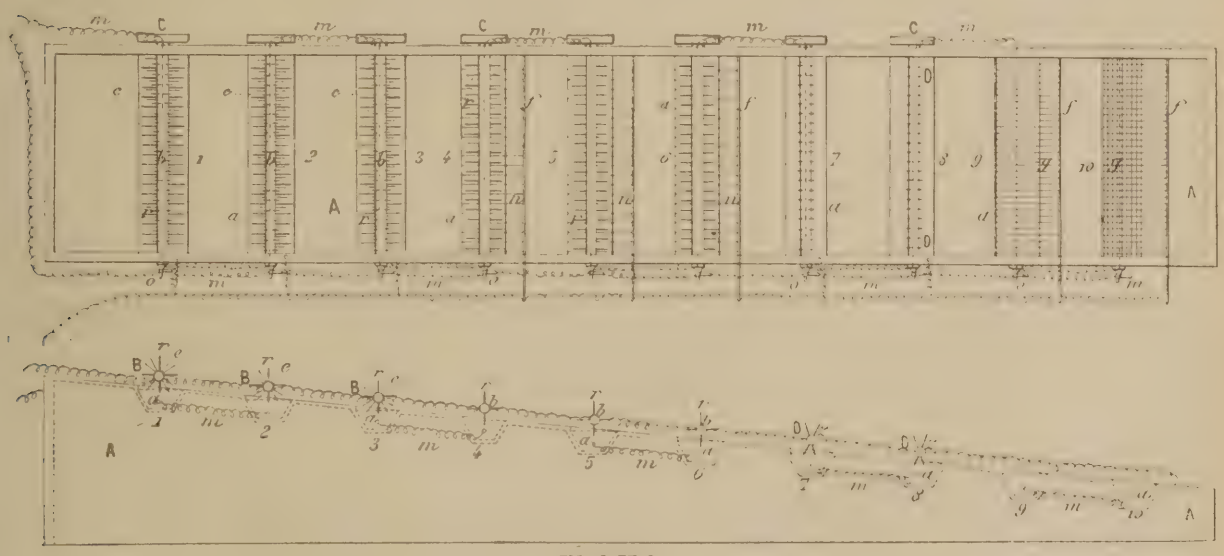


FIG. 1 ET 2

Nous trouvons dans le *Dingler's polytechnisches Journal*, du mois de janvier 1884, la description de l'appareil employé par M. Richard Barker pour le traitement des minerais d'or et d'argent. On voit, d'après ce qui vient d'être dit et en se reportant aux figures 1 et 2 que la cathode est formée dans chaque cuve par la masse de mercure elle-même, tandis que l'anode consiste en un amas de fils métalliques diversement disposés, suivant les cuves. La longueur de ces fils est mesurée de façon que leur extrémité plonge dans l'eau que recouvre le mercure, mais n'atteigne jamais la surface de ce dernier métal.

Les cuves *a* où se fait l'amalgamation, au nombre de dix, se trouvent placées à la suite les unes des autres sur un plan incliné A. Les cuves 1, 2, 3 sont munies d'agitateurs B et d'anodes mobiles. Ces agitateurs B sont formés par des arbres horizontaux *b* sur lesquels on vient monter les bras *r* qui servent à agiter le mercure et les anodes *e*. Cette disposition se répète tout le long de l'arbre *b*, comme il est facile de le voir en plan. Il est bon

[1] A. Gueroult, *La Lumière Electrique*, vol. VIII, p. 232.

de remarquer que les anodes *e*, au nombre de huit, ont une longueur moindre que les agitateurs *r*, de façon à éviter tout contact avec les cathodes.

Dans les trois cuves suivantes, 4, 5, 6, les anodes ne font plus partie de l'agitateur *b*. Ces anodes *n* sont reliées à une tige métallique *f* par une de leurs extrémités : l'autre extrémité se recourbe normalement au plan de l'eau dans les cuves. En suivant le même ordre, nous rencontrons les deux cuves 7 et 8 : ici les agitateurs font complètement défaut et le jeu des anodes devient intermittent. Dans la position représentée figure 1, ces anodes plongent dans l'eau. Mais pour une rotation de 90° dans un sens ou dans l'autre l'immersion cesse d'avoir lieu. Dans les deux dernières cuves, les anodes sont fixes et très nombreuses; elles traversent le milieu liquide parallèlement à l'axe longitudinal de la cuve dans la cuve 9 : dans la cuve 10 elles s'entre-croisent parallèlement et perpendiculairement à ce même axe.

Les arbres *b* sont en bois; les bras *r* sont également faits de matière isolante. Pour les anodes,

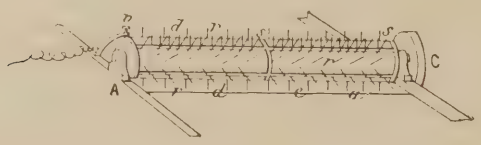


FIG. 1

on peut employer du laiton ou tout autre métal bon conducteur. Il n'y aurait pas d'inconvénient à faire usage d'arbres métalliques à condition, bien entendu, de les isoler parfaitement; il serait peut-être bon de leur donner un noyau métallique permettant d'établir par là une communication avec les extrémités des anodes les plus voisines du centre.

Voyons un peu la marche du courant, dans le cas de la figure ci-jointe. Le pôle négatif du générateur d'électricité est relié au moyen du fil *m*, à l'extrémité C de la première cuve; le courant traverse cette cuve, passe à travers un second conducteur *m* qui l'amène dans la deuxième cuve et ainsi de suite.

On voit que le courant chemine dans un sens pour toutes les cuves d'ordre impair et dans un sens opposé pour les cuves d'ordre pair. On pourrait se servir des robinets *o* à l'aide desquels on écoule le mercure, pour établir la communication des anodes avec le générateur. Cette disposition plus simple en apparence serait désavantageuse en ce sens qu'il faudrait démonter les conducteurs toutes les fois qu'on jugerait nécessaire de vider les cuves.

La figure 3 permet de voir comment se fait la communication des anodes avec le pôle positif du générateur lorsque les anodes sont montées sur les arbres *b*. Nous avons dit que ces arbres étaient en bois ; ils portent parallèlement à leur axe, quatre tringles métalliques *d* qui se placent entre les points d'attache de deux anodes consécutives et trois cercles également métalliques *s* situés dans des plans normaux à ce même axe. La vis de contact *v* qui est reliée d'une façon constante au pôle positif du générateur en venant frotter sur le cercle *s* monté à l'extrémité correspondante de l'arbre établit la communication des anodes et du pôle considéré. Lorsque les anodes aboutissent à une tige métallique *f*, il suffit de mettre cette tige en rapport avec un des pôles du générateur comme cela est indiqué dans la figure 2. Les arbres *b* portent à l'extrémité opposée à la vis *v* une poulie calée C qui sert à la transmission du mouvement : la vitesse la plus convenable à donner aux agitateurs est une vitesse de 45 tours à la minute.

Pour ce qui est de la marche de l'opération, remplissage des cuves, conduite du minerai, etc., elle ne diffère en rien de celle habituellement suivie dans le traitement de ces mêmes minerais sans le secours de l'électricité : aussi n'insisterons-nous pas sur ce point. Nous avons cherché seulement à jeter un peu de lumière sur le côté nouveau de la question, convaincus que le procédé découvert par M. Richard Barker est appelé à un grand avenir industriel.

Note sur l'observation des courants telluriques, par M. Larroque (1).

« ... En résumé, interprétant mes observations personnelles, je dis que l'intensité du courant tellurique subit des fluctuations secondaires dépendant du degré d'humidité et de la température de la bande terrestre comprise dans le circuit; que des forces électromotrices sont développées aux contacts ; que les longues lignes sont exposées à des actions secondaires pouvant provenir de leur insertion sur des zones de signe électrique contraire, de l'induction électrostatique que la terre peut exercer sur le fil, des vicissitudes atmosphériques lorsque la ligne est aérienne et nue, et de l'induction magnétique lorsque le fil est magnétique.

« La méthode suivie par M. Blavier pour éliminer ces diverses actions secondaires, et les résultats qu'il a obtenus et dont quelques-uns, très intéressants, m'ont été obligeamment communiqués, sont hors de cause.

« Mais il existe une autre méthode, plus pratique, à mon sens, qui consiste à observer sur des lignes très courtes, lesquelles ont l'avantage de pouvoir être installées dans le local même d'un observatoire. Un réseau de quatre ou cinq lignes

(1) Note présentée à l'Académie des sciences, dans la séance du 14 janvier 1884.

de quelques mètres de longueur, rayonnant autour d'un point et abritées sous un hangar ou dans une cave, répond à tous les besoins (un physicien italien, M. Galli, a fait une tentative dans ce sens). Dans ces conditions, les actions secondaires sont éliminées en grande partie, et l'on a tout avantage à se servir d'un fil très peu résistant et non magnétique. Ce dernier détail a, je crois, son importance lorsqu'on se propose de rechercher si les courants telluriques sont la cause ou l'effet du magnétisme terrestre. »

FAITS DIVERS

En Suisse, au-dessus de la ville de Bienne au Daubenloch dans le canton de Berne, on utilise la force hydraulique de la chute de la Suse en la transformant en électricité et en la transmettant par des câbles télégraphiques à Bienne, où elle produit une force de douze chevaux que l'on emploie dans l'ancienne fabrique Perret, sur la route de Bonjean.

Un chemin de fer électrique, mû à l'aide d'accumulateurs du système Nigra, va fonctionner à l'Exposition internationale de Turin. Il ira de la place Charles-Félix à l'entrée principale de l'Exposition par les cours Victor-Emmanuel et Massimo-d'Azeglio. Un car, circulant de neuf heures du matin à onze heures du soir, pourra transporter quarante voyageurs, vingt à l'intérieur et vingt à l'extérieur. Il sera mis en mouvement par une soixantaine d'accumulateurs pesant chacun vingt-six kilogrammes et placés sous les banquettes de la voiture. On compte obtenir ainsi un travail de quatre chevaux avec deux séries d'accumulateurs fonctionnant alternativement pendant sept heures.

Un chemin de fer électrique va bientôt être construit à Montreux, en Suisse, principalement pour la commodité et le plaisir des touristes allant de l'hôtel des Alpes à Territet à l'hôtel du Mont-Fleuri, situé au pied du mont de Glyon.

La conférence des ingénieurs de chemins de fer, convoquée par le ministre des travaux publics, à Berlin, se basant sur des expériences fort concluantes, vient de recommander l'adoption des appareils électriques à contact pour obtenir le contrôle nécessaire sur la vitesse des trains. A l'aide de ces appareils, on saura à chaque station à quel point de la voie libre un train quelconque se trouve, et également si un train est resté en détresse. Un crédit de 200 000 marks a été accordé pour l'introduction en grand de ces instruments sur les chemins de fer de l'Etat en Prusse.

A l'occasion de l'Exposition internationale d'électricité à Philadelphie, on propose de convoquer un congres international d'électriciens qui s'occuperait non seulement de discuter les problèmes intéressants, mais encore de faire avancer la science électrique par des recherches et expériences pratiques. Ce sera en quelque sorte une continuation du congrès de Paris et de la conférence de Vienne, dont on attend des résultats très sérieux.

Selon le prof. Thomson de Glasgow, le pôle magnétique de la terre est aujourd'hui près de Boothia Felix, 1 600 kilomètres à l'ouest du pôle géographique. En 1657, le pôle était exactement au pôle Nord; en 1816, il s'est déplacé vers l'Est; en 1876, il retourna au pôle Nord, et se trouve maintenant à l'ouest de celui-ci.

Un nouveau système de signal automatique avertisseur d'incendie vient d'être appliqué à New-York par la Western Electric Manufacturing Company. L'appareil consiste en une sorte de thermomètre rempli de mercure, dont la tige n'a pas quatre centimètres de longueur. A la partie inférieure de cette tige, un fil communique avec le mercure; un autre fil de platine est inséré dans la partie supérieure, de telle sorte que lorsqu'une augmentation de température fait élever le niveau du mercure, celui-ci vient toucher le second fil et ferme le circuit électrique sur lequel est placée une sonnerie, qui avertit le poste central, où un tableau indique le lieu de l'incendie.

Éclairage électrique

Roubaix, la grande ville manufacturière du département du Nord, possède des éclairages à l'électricité dans la teinturerie Motte et Meillassoux (trois cents lampes Edison); la filature Caulliez père et fils (trois cents lampes Edison); l'usine de tissage de laine Rouvost (cent cinquante lampes Edison.

A l'occasion du premier grand bal de la saison d'hiver à Biarritz, donné en l'honneur des visiteurs étrangers, les jardins du palais Biarritz étaient illuminés à la lumière électrique.

Deux cents lampes Siemens vont être placées à bord du paquebot de la Compagnie des Messageries maritimes *Le Tarra*, dont la construction s'achève en ce moment aux chantiers de la Seyne. Ces lampes serviront à l'éclairage des salons, du bar, des cabines, du carré des officiers, du fumoir, des passerelles, cuisine, soutes, etc. Les fanaux de position de ce navire seront également éclairés avec des feux électriques.

La Jablochkoff Electric Light and Power C°, de Londres, vient de signer le contrat pour l'éclairage du Hall Floral à Covent Garden pendant l'Exposition du Stanley Bicycle Club. L'installation comprendra 7 lampes à arc Jablochkoff de 1 200 bougies chaque, et 50 lampes à incandescence de 20 bougies.

La lumière électrique a été introduite dans la scène de transformation de la pantomime du théâtre de Drury-Lane, à Londres. Les lumières, attachées à la tête des fées, s'allument toutes en même temps et avec beaucoup d'effet. On se sert d'une petite pile secondaire d'une construction légèrement modifiée, faite par MM. Woodhouse et Rawson.

Une série d'expériences intéressantes a été faite dernièrement à Londres, en plaçant une lampe électrique à l'intérieur d'une chaudière à vapeur en pleine opération. On a pu voir des cascades, des courants et des tourbillons, mais on espère également obtenir par ce moyen des résultats plus sérieux, et de pouvoir déterminer les causes de plusieurs dérangements assez fréquents à l'intérieur des chaudières.

L'Exposition internationale d'hygiène, qui aura lieu à Londres cette année, sera éclairée entièrement par la lumière électrique. Ce sera d'ailleurs sa seule application en grand à cette occasion, car on se bornera à montrer l'électricité appliquée à l'éclairage domestique seulement.

Vendredi dernier, l'éclairage électrique de la ville de Gran-

gemouth, a été inauguré en présence d'un grand nombre de personnes.

Le nouveau paquebot *Adélaïde*, construit à Glasgow pour la Steamship company of South Australia, est éclairé avec des lampes Edison, les dynamos du même inventeur étant actionnés par une machine Westinghouse. MM. Siemens frères sont en train d'installer 300 lampes Swan à bord du *Vancouver*, un nouveau steamer de la *Dominion Line*.

Quatre cents livres sterling ont été votées par les directeurs des docks de la *Mersey* pour des expériences d'éclairage électrique de l'embouchure du fleuve.

L'*Irish Times*, de Dublin, est le premier journal d'Irlande qui ait adopté l'éclairage électrique pour ses bureaux et ateliers. L'installation, consistant en lampes à incandescence a été faite par M. J.-A. Fahie, de Dublin.

Depuis des années déjà, on a essayé à Manchester d'éclairer les indienneries à l'électricité; mais nous ne nous souvenons pas, dit le *Zeitschrift für Electrotechnik*, d'avoir jamais vu publiés les résultats de ces expériences. C'est probablement à cause de l'imperfection générale des systèmes d'éclairage électrique que les entreprises électrotechniques n'ont pas donné toute l'attention qu'elle mérite à cette branche d'industrie, car les observations que nous avons pu faire à l'occasion de l'éclairage de l'indiennerie de *Prag-Smichower*, nous prouvent que peu d'entreprises techniques ont un aussi grand besoin de la lumière électrique que les imprimeries sur tissus.

D'abord, quelques mots sur la distribution générale de la lumière. Chaque machine demande en tout trois foyers, deux lumières absolument fixes, placées à hauteur d'homme, immédiatement au-dessus de la partie inférieure de la machine, et une troisième à droite, pour éclairer les rouleaux allant en arrière. Pour permettre à l'ouvrier d'apercevoir facilement et sans hésitation même le moindre défaut d'impression, les deux premières lumières doivent être d'une fixité et d'une clarté absolues; il faut encore les placer de manière que l'ouvrier puisse changer de position, monter et descendre, même se tourner à un angle de 180 degrés. Quant à la fixité, il est certain que le gaz ne peut pas être comparé à la lumière incandescente sous ce rapport. Le va-et-vient continuel des flammes du gaz est non seulement d'un effet très fâcheux pour l'observation de l'étoffe imprimée, mais il produit également chez l'ouvrier des maladies d'yeux et des illusions optiques. Plusieurs ouvriers m'ont ainsi assuré qu'ils voyaient le gaz devant les yeux pendant des heures après avoir quitté le travail. Il va sans dire que l'ouvrier placé immédiatement au-dessous de la lumière souffre beaucoup de la chaleur du gaz, et que la peau du crâne, après un travail de quelques heures, atteint une température effroyable.

Une considération particulière est l'influence de la lumière sur les couleurs, car, comme on le sait, toutes les couleurs ne prennent pas, à la lumière du gaz, les mêmes tons que le jour. Nos expériences avec la lumière électrique ont donné les meilleurs résultats sur ce point, et cette circonstance suffirait à elle seule pour faire adopter l'éclairage électrique d'une manière générale dans les imprimeries.

Enfin, il ne faut pas oublier que la lumière incandescente, spécialement adaptée pour un éclairage concentré, se trouve ici à sa vraie place, puisqu'on n'a pas tant à s'occuper dans les imprimeries d'une lumière rayonnante que de l'éclairage direct d'un certain point.

De même que Montreux, la ville de Vevey dans le canton de Vaud (Suisse), va être dotée d'un éclairage électrique. D'après le projet de contrat passé par la municipalité, les concessionnaires sont autorisés, pour une période de vingt-cinq ans, à établir dans les rues de Vevey les conducteurs qui distribueront la lumière et la force motrice. Ces conducteurs devront être aériens autant que possible; ils pourront cependant être souterrains. Si, pendant l'exploitation, il est reconnu que les installations effectuées présentent des dangers sérieux, la municipalité se réserve le droit de retirer son autorisation. De plus, les concessionnaires s'engagent à n'employer l'électricité qu'à une tension assez modérée pour qu'elle ne puisse causer d'accident. La lumière sera fournie dans les bâtiments communaux et publics ainsi que sur les voies publiques, au prix de revient tel qu'il ressortira après déduction de l'amortissement du matériel et de l'intérêt du capital.

Une application nouvelle et intéressante de l'électricité a été faite à l'opéra de Vienne. L'effet d'un essaim de lucioles dans une forêt tropique a été reproduit d'une manière fort réaliste en suspendant de toutes petites lampes à incandescence par des fils très fins qui se balancent, les éclairs des lucioles artificielles étant imités par des interruptions rapides du courant.

Un certain nombre d'installations d'éclairage électrique ont été faites dernièrement à Naples.

La *Galleria del Principe* est éclairée par 8 lampes Gramme. La machine productrice du courant est placée à 1 500 mètres et mue par un moteur à eau.

D'un autre côté, à l'occasion des fêtes du carnaval qui commenceront le 18 janvier et durent 45 jours, la place du Palais-Royal sera éclairée avec 10 lampes Gramme de 150 carcels et une de 500 carcels.

Enfin on est en train d'installer à la gare de Naples 10 lampes Gramme de 150 carcels.

Le *Centralblatt für Electrotechnik* donne les détails suivants sur l'installation de la lumière électrique au nouveau panorama de la bataille de Sedan, à Berlin. La construction forme un polygone à 17 côtés, les sous-sols et caves sont de maçonnerie massive, les étages supérieurs en fer avec intervalles de maçonnerie massive et un toit de fer formant coupole, selon le système de Schwedler. Dans l'étage sous le sol sont placés les machines et chaudières, qui tout en étant situés en dehors du bâtiment principal communiquent cependant avec les autres parties des caves, où on a également installé un restaurant; l'étage supérieur contient le Panorama même. Le tableau reçoit le jour d'en haut pendant la journée, et dans ce but une partie circulaire comprenant environ un tiers du toit est formée de verre. Les rayons de lumière qui pénètrent par là sont détournés du centre de l'endroit où se placent les spectateurs par un grand velum, de sorte que le tableau seul reçoit la lumière directement. Le soir la peinture est éclairée par 17 lampes différentielles suspendues au-dessus du velum et complètement cachées pour les spectateurs.

Par ce moyen on obtient une lumière tranquille et régulière, et les petites variations d'intensité qui se produisent de temps en temps ne sont d'aucun effet fâcheux.

Le local du restaurant dont nous avons déjà parlé est composé d'un cercle de petits salons séparés par des partitions radiales et de deux corridors concentriques avec une chambre au milieu où on a installé une fontaine. Une partie est éclairée au gaz, une autre à l'électricité. On a dû avoir recours au gaz parce que le milieu du local doit être toujours éclairé artificiellement, même le jour, et parce qu'on n'avait pas assez de place pour de plus fortes machines. Une grosse lanterne peu gracieuse, de verre mat, placée au milieu de la fontaine, contient une lampe différentielle qui fournit l'éclairage principal de ce local. Une application plus heureuse a été faite de l'électricité dans les deux corridors où sont

suspendus 5 lustres de 4 lampes à incandescence Siemens chaque. La forme de ces lustres est fort jolie, et l'effet produit par les lampes à incandescence avec le gaz dans les autres chambres est des plus agréables.

Il y a une machine horizontale à vapeur Boreig de 80 chevaux, qui reçoit la vapeur de deux chaudières Heine, dont l'une sert toujours de réserve. Elle fait 120 à 130 tours par minute, et actionne par les courroies d'un volant 5 machines dynamo Siemens D 17, dont une en réserve et une autre plus petite; les premières font 1 100 tours, la petite 970 tours par minute. Les machines Siemens D 17 fournissent le courant pour une lampe à arc dans la chambre des machines, pour la lampe de la fontaine, pour les 17 lampes éclairant le tableau, et enfin pour une autre placée dans une lanterne sur le toit; en tout 20 lampes à arc. La petite machine alimente les 45 lampes à incandescence déjà mentionnées. Un commutateur général permet d'intercaler les différentes lampes à volonté. Un câble conduisant le courant aux lampes qui éclairent le tableau monte le mur à l'extérieur et passe horizontalement le long du toit.

On prépare pour l'hiver une plus grande installation pour un grand cercle de patinage, établi sur l'emplacement du théâtre National, détruit par un incendie.

A l'ambassade de France à Vienne, la place extérieure est illuminée le soir pendant les fêtes et réceptions avec des foyers électriques Siemens.

A Bucharest, capitale de la Roumanie, le nouveau palais Royal va être éclairé avec quatorze cents lampes à incandescence. La résidence d'été du roi de Roumanie, à Sinaia, doit également recevoir une installation d'éclairage à l'électricité.

A Venise, la filature de coton Colonificio Veneziano est éclairée avec trois cent soixante-dix lampes Edison.

A Pise, deux cent cinquante lampes à incandescence du système Edison servent à l'éclairage de la fabrique de tissus Giacomo Nistim.

Deux cents lampes Edison sont installées à bord du vapeur *Sirio* de la Société Raggio de Gênes.

Le conseil municipal de New-York vient de prolonger de six mois à deux ans le délai accordé aux Compagnies de lumière électrique pour placer leurs fils sous le sol. Une proposition tendant à comprendre dans l'ordonnance les Sociétés de téléphone et de télégraphe n'a pas été adoptée.

La Electric Light Cº de Kansas City, États-Unis, a maintenant installé 140 lampes à arc, dont 35 depuis le mois de novembre dernier.

Un meeting des habitants de Chelsea, États-Unis, a eu lieu la semaine dernière pour discuter le meilleur système à adopter pour l'éclairage à l'électricité de la ville de Chelsea et d'une partie de Boston. Le système Thomson-Houston de lampes à arc semble avoir de grandes chances d'être adopté.

On vient d'essayer à Chicago un fanal électrique de locomotive d'après un système dans lequel la vapeur de la chaudière actionne une machine de trois chevaux qui met elle-même en mouvement une dynamo. Le poids de ces deux appareils ne dépasse pas cinq cents livres. Ce fanal électrique a une puissance d'environ trente candles, et son fonctionnement ne se ressent nullement des secousses de la locomotion.

Télégraphie et Téléphonie

Une nouvelle Société, la Lundy Cable Company, vient d'être enregistrée à Londres, au capital de 250 000 fr., pour la pose d'un câble entre l'île de Lundy et l'Angleterre.

La Postal Telegraph Company vient de placer le câble le plus long sous le Mississipi; il a 3 400 pieds, pèse 16 000 livres et mesure 8 pouces de diamètre.

Selon une communication faite par M. Ellery, l'astronome du gouvernement anglais à la Victoria Royal Society, le docteur Davy, demeurant à Malensbury, aurait le premier inventé un télégraphe pratique.

Le Eastern Telegraph Company va relier Suakin avec ses stations de Suez et d'Aden. Par un temps favorable, on espère pouvoir établir la communication en huit jours.

Le gouvernement mexicain vient de retirer la concession accordée à l'ancien Président des Etats-Unis, le général Grant, pour le placement d'un câble sous-marin entre le Mexique, les États-Unis et l'Amérique centrale, le travail n'ayant pas encore reçu un commencement d'exécution, comme le concessionnaire en avait pris l'engagement.

Une dépêche de Canton dit que les autorités de la province Kwang Fung font construire en ce moment une ligne télégraphique entre Canton et la frontière du Tonkin, afin d'être en communication immédiate avec le théâtre de la guerre.

Une Société au capital de 200 000 dollars vient de se former à Montréal pour la pose des fils télégraphiques sous terre en tuyaux.

L'ambassade du Japon a fait savoir au *Times* qu'il y a dans leur pays 4 733 milles de lignes télégraphiques, avec 12 470 milles de fil; 2 784 287 dépêches ont été transmises pendant l'année 1882.

M. Elliott Smith, de New-York, a inventé une machine nommée protecteur télégraphique ou téléphonique, qui a pour but d'arrêter et de conduire à la terre tout excès extraordinaire d'électricité, et ainsi prévenir tout accident. Des expériences ont été faites avec une machine dynamo de trente lumières. Le protecteur était traversé par un fil dont l'autre bout fut mis à terre; du protecteur il allait à un téléphone, et, de là, à terre. Le courant fut alors introduit. Le protecteur coupait le fil automatiquement et menait tout l'excédent à terre. Le surplus étant enlevé, le circuit devenait complet immédiatement, et le protecteur se réglait lui même automatiquement. On prétend, au moyen de cet appareil, rendre tous les instruments de télégraphie et de téléphonie absolument inoffensifs.

Les installations téléphoniques du monde étaient à la fin de 1882 ainsi réparties :

En Europe	161	villes avec	30,066	abonnés.
Afrique	4	—	240	—
Asie	7	—	420	—
Amérique	120	—	47,185	—
Australie	5	—	897	—
Total	303	villes avec	78,808	abonnés.

Ce nombre a depuis été considérablement augmenté, car à la fin de l'année dernière l'Amérique avait à elle seule près de 80 000 lignes reliées aux réseaux téléphoniques des différentes villes.

Le réseau téléphonique de Londres comprend 17 stations avec 3 310 abonnés. Dans tout le Royaume-Uni, il n'y a que 42 500 téléphones en opération.

On vient d'installer le téléphone au bureau central de la poste à Bruxelles. Depuis mardi dernier, les abonnés de la Compagnie du téléphone peuvent communiquer directement avec l'hôtel de la poste.

Le Ministre des travaux publics de Belgique vient d'adresser aux abonnés du réseau téléphonique de Bruxelles une circulaire réglant la transmission par voie téléphonique des télégrammes entre le bureau télégraphique de Bruxelles (nord) et les abonnés par l'intermédiaire du bureau central du réseau téléphonique. On lit dans cette circulaire que le bureau télégraphique de Bruxelles (nord) est raccordé téléphoniquement au bureau central de la concession établi à Bruxelles; rue de la Montagne, 73, de telle sorte que les abonnés du réseau concédé peuvent être mis en communication directe par le bureau central avec le bureau télégraphique de l'Etat, jour et nuit. Les abonnés ont la faculté de transmettre par cette voie au bureau télégraphique des télégrammes privés à destination de l'intérieur ou de l'étranger, y compris les dépêches qui doivent être remises par les messagers de l'administration dans le rayon de distribution des bureaux télégraphiques de la localité même. Ces télégrammes sont soumis, sans surtaxe, au tarif ordinaire des correspondances télégraphiques. Les abonnés peuvent également obtenir que les télégrammes qui leur sont adressés soient expédiés téléphoniquement par le bureau télégraphique de Bruxelles. Ils en font la demande par écrit au percepteur de ce bureau en ayant soin d'indiquer les jours et les heures auxquels ils sont en mesure de répondre aux appels. Lorsqu'un appel reste sans réponse pendant cinq minutes, le télégramme est remis à destination par porteur. Une copie confirmative du texte transmis par le fil téléphonique est remise au domicile du destinataire par la poste et sans frais. La copie peut être envoyée par exprès moyennant le paiement d'une taxe de vingt-cinq centimes pour les correspondances à remettre dans le rayon de distribution gratuite du bureau télégraphique, ou des frais d'exprès stipulés par les règlements du service télégraphique pour les correspondances à porter en dehors de ce rayon.

Les brevets Bell et Blake viennent d'être acquis pour le Mexique par la Mexican central Telegraph and Telephone Company. Cette compagnie, qui va construire de nouveaux réseaux de téléphone, possède actuellement quatre bureaux centraux téléphoniques à Guanajato, San Luis de Potosi, Zacatecas et Léon.

A Florence, vient de se fonder une société de téléphones sous la raison de Société téléphonique de l'Italie centrale. Elle a pour but l'exploitation de réseaux téléphoniques à Florence, Bologne, Livourne et Pise, et doit reprendre l'exploitation des réseaux de la Société générale italienne. Elle commence avec un nombre de quinze cent cinquante abonnés.

Aux Etats-Unis, l'Etat de Michigan est un de ceux où le téléphone s'est propagé le plus vite. Ouvert en juin 1879, le réseau de Grand Rapids compte actuellement plus de cinq cent cinquante abonnés. Une cinquantaine de villes sont reliées entre elles au moyen de fils téléphoniques, notamment Grand Haven, Muskegon, Lowel, Portland et plusieurs autres lignes sont en construction ou à l'étude.

Le réseau téléphonique de la ville de Mulhouse, en Alsace, établi en 1881 par la Société Industrielle de Mulhouse a pris depuis sa création une grande extension. Le nombre des abonnés a presque doublé. Les localités voisines de Mulhouse, l'île Napoléon, Modenheim, Sausheim, ont été également reliées par le téléphone. En 1883, un autre réseau téléphonique a été installé à Guebwiller. Ce réseau comprend, outre la ville de Guebwiller les centres environnants, Issenheim, Bühl, Lautenbach, Iungholz, Wuengeim, et il est relié au bureau de Mulhouse. Il y a par jour environ vingt transmissions entre Guebwiller et Mulhouse qui sépare une distance de vingt et un kilomètres. Bientôt tous les habitants de cette région pourront correspondre par le téléphone depuis Altkirch et Bâle jusqu'à Cernay et Thann.

En Amérique, on organise des services de signaux avertisseurs d'incendie à l'aide du téléphone. C'est ainsi qu'à Scranton, en Pensylvanie, la municipalité a traité avec la Compagnie de téléphones de cette ville pour l'établissement de quatorze postes d'alarme. Les fils de ces postes aboutissent au bureau central et sont surveillés en permanence par un employé qui avertit les postes de pompiers dès qu'un incendie lui est signalé. Les rapports des deux dernières années démontrent d'ailleurs que le poste téléphonique de chaque abonné est un poste d'alarme ; sur quatre-vingt-quatre incendies signalés, quarante-neuf l'ont en effet été par des abonnés du réseau.

Une question très importante pour les sociétés de téléphones va être décidée par les tribunaux de Chicago, sur la demande d'un abonné du réseau téléphonique. Il s'agit de savoir si un abonné a le droit de prêter son appareil ou s'il doit le réserver exclusivement pour son propre usage. Le plaignant prétend que la Compagnie n'a pas le droit de lui retirer son téléphone comme elle menace de le faire, la Société devant fournir toutes les communications demandées sans s'occuper de savoir qui les demande. Le cas intéresse tous ceux qui se servent du téléphone, et nous tiendrons nos lecteurs au courant de l'issue du procès.

Environ huit mille téléphones sont actuellement en service sur les réseaux de Baltimore, Washington, Hagerstown, Frederick et Cumberland, qui appartiennent à la Chesapeake and Potomac Telephone Company, formée à la suite de la fusion des Sociétés du district de Colombie et de l'État de Maryland. Les abonnés aux réseaux téléphoniques de Baltimore et de Washington peuvent maintenant communiquer d'une ville à l'autre au moyen de leurs appareils. Il existe entre ces deux villes, que sépare une distance de cinquante milles, quatre lignes différentes de téléphone.

A Colombo, dans l'île de Ceylan, l'Oriental Telephone Company développe son réseau téléphonique. Les Law Courts de Colombo sont maintenant reliées, ainsi que le quai, au bureau central de la Compagnie, et le public y est admis à l'échange des communications verbales.

Un réseau téléphonique va être installé à Buenos-Ayres, par la Tropical Telephone Cᵉ de Boston, qui a déjà fait l'expédition de 400 appareils complets.

Le Gérant : A. Noaillon.

Paris. — Imprimerie P. Mouillot, 13, quai Voltaire. — 45124

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

51, rue Vivienne, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ. | DIRECTEUR SCIENTIFIQUE : TH. DU MONCEL

ADMINISTRATEUR : H. SARONI

6e ANNÉE (TOME XI) SAMEDI 9 FÉVRIER 1884 N° 6

SOMMAIRE

Nouvelles dispositions adoptées dans le système de distribution électrique de M. Edison; Th. du Moncel. — L'éclairage électrique des trains au London-Brigton Railway: G. Richard. — Détermination de la force électromotrice et de la résistance intérieure des piles; A. Minet. — La nouvelle machine multipolaire à courant continu de M. Gramme; P. Clemenceau. — Théorie des machines dynamo-électriques (3e article); R. Clausius — Les accumulateurs Jarriant; A.-H. Noaillon. — Applications de l'électricité à la manœuvre des signaux de chemins de fer (5e article); M. Cossmann. — Un point de l'histoire de la télégraphie : les travaux de F. Salva; H.-V. Browne. — Revue de l'Exposition de Vienne : les appareils de mesure; Aug. Guerout. — Revue des travaux récents en électricité. — Sur la répulsion de deux parties consécutives d'un même courant, par M. Isarn. — Sur la conducttbilité des dissolutions salines très étendues, par M. Bouty. — Sur une méthode pour la comparaison photométrique des sources usuelles, par M. Macé de Lépinay. — Une expérienée de M. Von Waltenhofen sur les piles thermoélectriques. — Avertisseur électrique pour chaudières à vapeur. — Correspondance : lettre de M. Juppart. — Faits divers.

NOUVELLES DISPOSITIONS

APPORTÉES DANS LE SYSTÈME DE

DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE

DE M. EDISON

Dans notre article du 1er septembre 1881, sur les lampes à incandescence, nous avons exposé le système de distribution électrique de la lumière de M. Edison, combiné en vue de stations centrales de production d'électricité placées en différents points d'une ville, stations jouant le même rôle que nos usines à gaz.

L'application de ce système faite à New-York, a provoqué, dans ces derniers temps, certains perfectionnements dont nous n'avons pas encore parlé dans ce journal et que nous croyons devoir faire connaître à nos lecteurs; mais pour être plus clair, nous rappellerons la disposition générale du système, et nous commencerons par indiquer la disposition actuelle des grandes machines installées dans les stations centrales. Ces grandes machines dont nous avons déjà parlé deux fois ont actuellement la forme que nous représentons figure 1. Dans ce modèle, l'armature tournante est disposée comme celle des machines Edison des types que nous avons décrits, et se trouve renfermée dans une sorte de piédestal en fer divisé horizontalement en deux parties qui constituent les appendices polaires des inducteurs; elle a $0^m,70$ de diamètre, et le piédestal qui la renferme $0^m,73$ d'épaisseur sur un $1^m,29$ de largeur et $1^m,52$ de hauteur. Chacun des blocs de fer qui le composent est rivé à 6 cylindres de fer horizontaux de $1^m,35$ de longueur portant chacun une bobine d'environ 30 centimètres de diamètre, et supportés eux-mêmes par une énorme pièce de fer de même hauteur et largeur que le piédestal, et qui forme la culasse de l'électro-aimant inducteur représenté par l'ensemble de toutes ces pièces.

L'arbre de rotation d'environ 4 mètres de longueur est soutenu horizontalement sur quatre gros piliers de fonte et porte, en outre du collecteur avec ses frotteurs, quatre poulies destinées à faire fonctionner des appareils accessoires dont nous allons parler, et une grande excentrique à laquelle est adaptée la bielle du piston de la machine à vapeur qui se trouve placée perpendiculairement à l'extrémité de cet axe, à gauche de la figure. Cette machine est horizontale et peut donner 325 coups de piston par minute sous une pression de 10 atmosphères, et comme chaque coup de piston fait accomplir à l'axe de rotation une révolution, l'armature effectue 325 révolutions par minute.

Les barres de l'armature sont au nombre de 98, et leur résistance totale ne dépasse pas 0,0038 d'ohm; celle des inducteurs est d'environ 30 ohms et la force électromotrice développée 103 volts. Quand toutes les lampes sont en exercice, le circuit extérieur ne doit avoir que 0,12 ohm de résistance.

Les poulies dont nous avons parlé précédemment sont destinées à faire fonctionner un régulateur de vitesse à ressort et masses centrifuges, tendant à éviter les variations par le décalage de l'excentrique qui mène le tiroir à vapeur, et un appareil de ventilation pour la chaudière à vapeur, qui est d'un système particulier imaginé par M. Edison. Il y a en

plus deux plateaux formant boîte d'engrenage au moyen desquels on peut séparer la machine électrique de la machine à vapeur.

Les machines du type que nous venons de décrire sont celles qui éclairent aujourd'hui une partie de la ville de New-York; elles exigent chacune

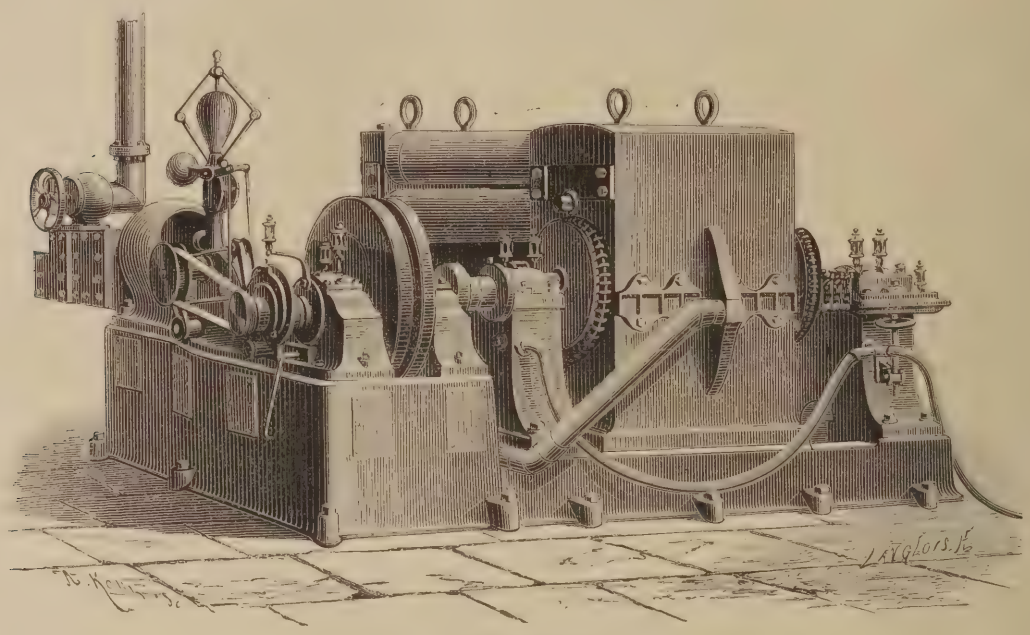


FIG. 1. — GRANDE MACHINE D'EDISON

une force de 150 chevaux et entretiennent 1 200 lampes. Leur poids total est d'environ 30 tonnes.

Quant au système de distribution, il est fondé à peu près sur le même principe que ceux qui ont

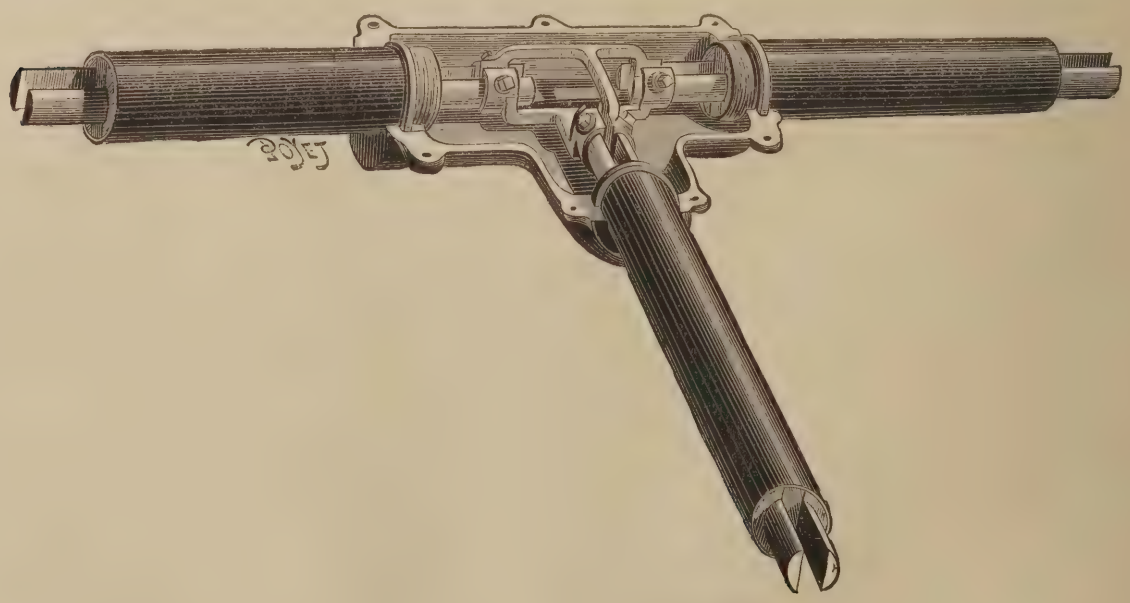


FIG. 2. — BOITE DE JONCTION DE TROIS CABLES

été mis à contribution pour la canalisation du gaz.

Dans ce système, en effet, l'électricité est produite dans une usine centrale où viennent aboutir les différents réseaux par l'intermédiaire de circuits principaux qui parcourent les différentes rues avoi-

sinantes. Chaque maison dans laquelle doit se faire un éclairage électrique, est pourvue de deux gros conducteurs qui viennent se brancher sur les fils du circuit principal passant dans la rue voisine, et les fils de chacune des lampes de la maison viennent à leur tour se brancher sur ces deux conduc-

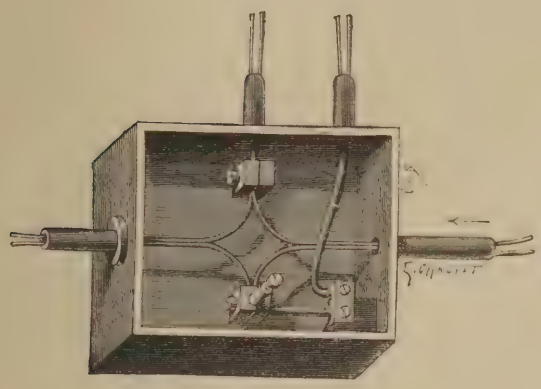


FIG. 3. — BOITE DE BRANCHEMENT

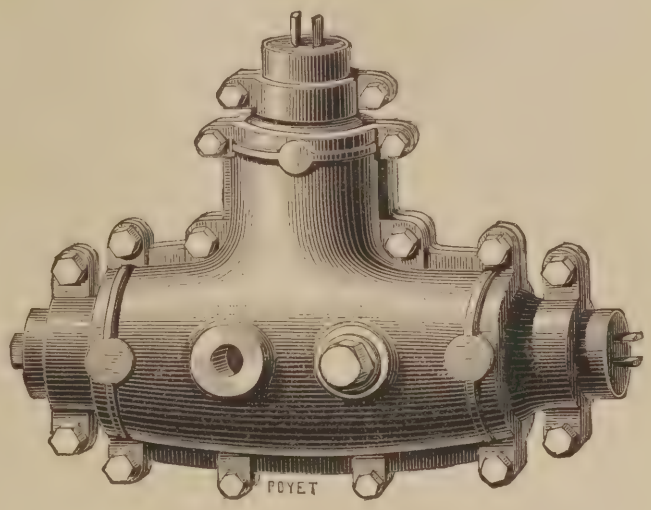


FIG. 4. — COUVERTURE DES BOITES DE JONCTION DE TROIS CABLES

teurs qui jouent en quelque sorte le rôle des deux pôles d'un générateur électrique. De cette manière, toutes les lampes de la maison fonctionnent dans des conditions complètement indépendantes. La

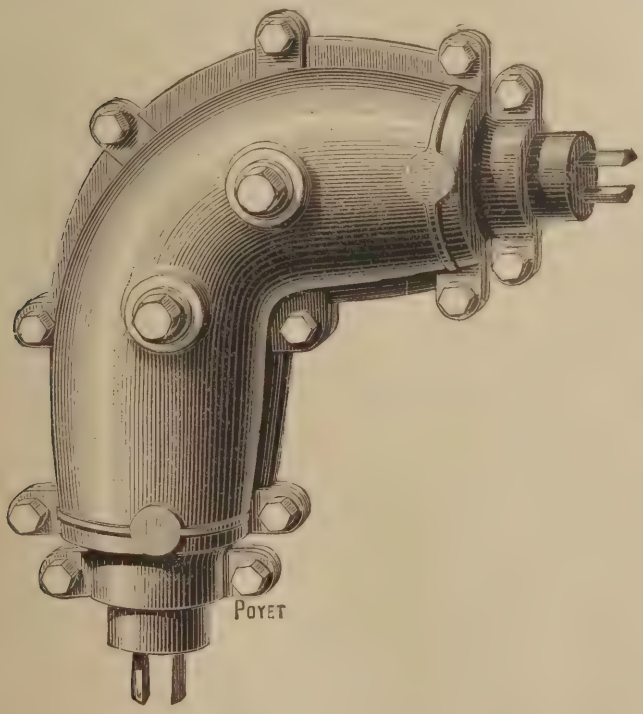


FIG. 5. — BOITE DE JONCTION DE DEUX CABLES A ANGLE DROIT

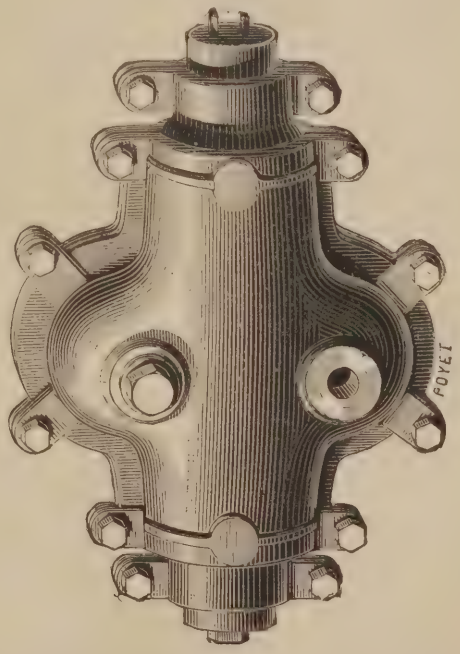


FIG. 6. — BOITE DE JONCTION, EN LIGNE DROITE DE DEUX CABLES

manière dont les dérivations sont prises sur les conducteurs principaux mérite une mention spéciale. Dans l'origine, ces conducteurs étaient composés de deux tringles de cuivre de forme hémicylindrique, plates d'un côté, rondes de l'autre, qui étaient enveloppées dans des cylindres de ma-

tière isolante et qui étaient enterrées au milieu des rues. Aujourd'hui ils sont constitués par de gros fils isolés de la même manière qui jouent d'ailleurs le même rôle. Pour prendre la dérivation, on dégarnit de la matière isolante cette espèce de câble à l'endroit où la dérivation doit être établie, on introduit la partie dénudée dans une boîte en fonte, et on coupe les deux fils conducteurs; on replie alors les bouts disjoints en dehors, en les introduisant dans des espèces de presses auxquelles sont fixés les fils de la dérivation, comme on le voit figure 3. Mais pour que le courant ne produise pas de dommages à un moment où il pourrait être trop fort, l'une des communications est faite par l'intermédiaire d'un bout de fil de plomb, que l'on aperçoit au bas de la figure, et qui, par sa fusion, coupe le circuit; c'est ce qu'on appelle en Amérique un *Cut-off*. De cette manière, on empêche la détérioration. La boîte de fonte est ensuite hermétiquement fermée et recouverte d'un enduit isolant. On a indiqué sur la fig. 3, pour les dérivations, des fils doubles, mais ils peuvent, comme on le comprend aisément, être simples.

Les jonctions des conduits principaux entre eux se font d'une manière analogue, mais avec des agencements plus robustes, des boîtes à doubles parois et des boulonnages beaucoup plus solides. Nous en représentons, figures 2, 4, 5 et 6, les principaux modèles.

Pour obtenir la régulation de l'intensité électrique avec ce système, le circuit correspondant aux conducteurs principaux qui doivent alimenter les lampes, est mis en rapport avec des appareils régulateurs dont nous représentons le dispositif primitif figure 7, par une dérivation *bb* qui est prise aux bornes de la machine A, et qui correspond à un régulateur de résistances sur lequel est développée une résistance de 180 000ohms. La force électromotrice de régime doit toujours être de 110 volts, et les indications des variations du courant de travail sont indiquées par une seconde dérivation *cc* qui correspond au circuit des épreuves galvanométriques. Avec la force électromotrice de régime de 110 volts, une différence de 1 volt correspond, sur l'échelle du galvanomètre Thomson placé en *n*, à trois divisions. Pour faire atteindre continuellement au courant de travail cette force de 110 volts, une batterie-étalon D de 110 volts envoie à travers le système galvanométrique un courant qui contrebalance le courant de travail passant par la dérivation *cc*, et qui indique par la projection du rayon lumineux du galvanomètre *n* sur son échelle *m*, à gauche ou à droite du point de repère, s'il y a lieu de diminuer ou d'augmenter la résistance de la dérivation *bb* des inducteurs de la machine. Cette diminution ou cette augmentation se fait à l'aide du commutateur circulaire *e*, et le travail fait par le surveillant est, comme on le voit, dans ce cas, analogue à celui qu'effectuent les surveillants des usines à gaz. Toutefois, ce système exigeant la présence continuelle d'un employé, M. Edison a, dans ces derniers temps, renoncé à ce système, et lui a substitué un régulateur automatique, comme l'avaient fait du reste, avant lui, plusieurs inventeurs, entre autres MM. Maxim, Lane-Fox, Hospitalier, etc.

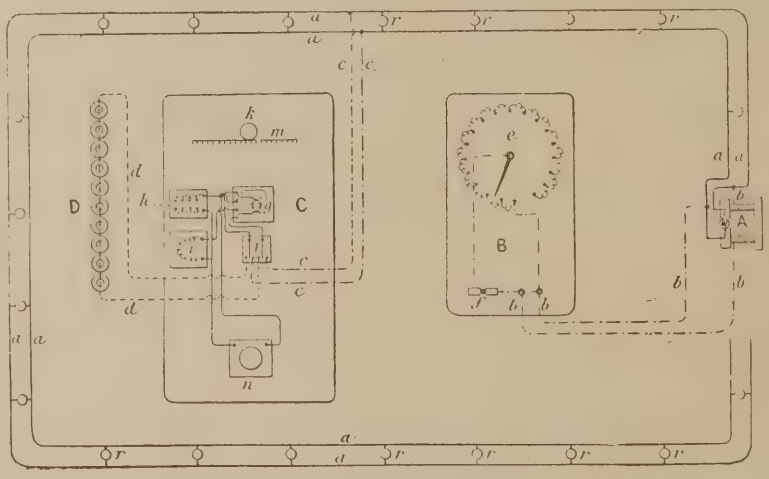


FIG. 7. — DISPOSITIFS POUR LA RÉGULATION

Nous représentons figure 8 ce système de régulateur qui, paraît-il, est très pratique et fonctionne d'une manière satisfaisante. Il se compose d'une sorte de relais C et d'une balance électro-magnétique AB agissant sur un rhéostat R. Cette balance est constituée par deux forts électro-aimants AA, BB, dont les armatures sont suspendues aux deux extrémités du fléau d'une balance dont l'index E, terminé par un ressort frotteur R, peut faire traîner ce ressort, suivant l'inclinaison du fléau, sur une série de lames conductrices juxtaposées, mais isolées les unes des autres et communiquant avec des bobines de résistance croissante ou décroissante.

Le relais est un électro-aimant ordinaire dont le levier de l'armature se meut entre deux contacts J et K en communication directe, l'un avec l'électro-aimant A, l'autre avec l'électro-aimant B. La dérivation du courant de travail passe par le relais C, et le rhéostat R ainsi que son frotteur ER correspondant au circuit dérivé des inducteurs de la machine. Tant que l'intensité du courant correspond à la force de régime de 110 volts, l'armature du

relais oscille entre les contacts J et K sans les toucher. Mais aussitôt qu'il s'affaiblit ou s'accroît, cette armature touche l'un ou l'autre de ces contacts, et, en animant l'un ou l'autre des électro-aimants A et B, retire ou introduit dans le circuit d'excitation des inducteurs de la machine une résistance plus ou moins grande, et provoque un accroissement ou une diminution d'énergie. Pour qu'on sache dans quel sens l'action s'est faite, une dérivation du courant est lancée par l'électro-aimant actif dans une lampe à incandescence qui lui correspond, et comme l'une de ces lampes a un verre rouge, l'autre un verre bleu, on peut voir immédiatement, par la couleur de la lumière, s'il y a eu renforcement ou affaiblissement de l'action du générateur.

Dans le système de distribution que nous avons précédemment exposé, nous avons vu que chaque circuit dérivé était pourvu de deux fils et que chaque machine génératrice avait également deux conducteurs correspondant à chacun des deux balais pour constituer les circuits principaux. Dans ces derniers temps, M. Edison a recherché s'il n'y aurait pas moyen d'économiser quelques-uns de ces fils en établissant un système de canalisation dans lequel un seul fil de retour pourrait être commun à deux lampes ou à deux machines. Il a obtenu ce résultat en appliquant 3 balais sur les collecteurs

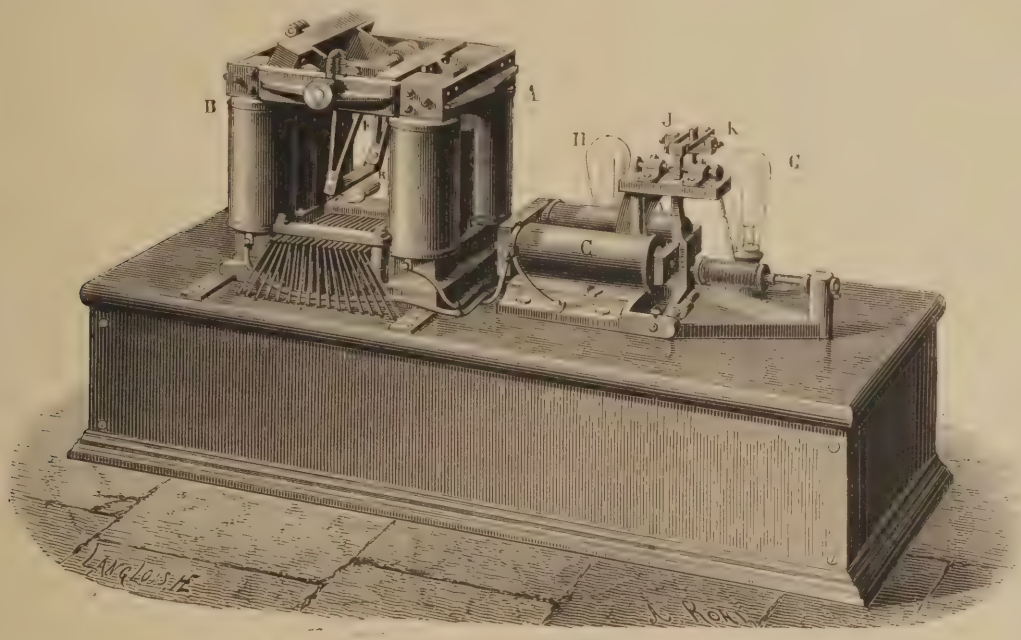


FIG. 8. — RÉGULATEUR AUTOMATIQUE DE COURANTS DE M. EDISON

des machines, ou en adaptant un troisième fil sur le conducteur réunissant en tension deux machines. Les figures 9 et 10 peuvent donner une idée de cette nouvelle disposition qui, suivant M. Edison, réalise une économie de 62 pour 100. Comme on le voit, les deux fils appartenant aux deux séries de lampes sont réunis à deux balais F, F, figure 9, placés sur le collecteur de la machine aux deux extrémités du diamètre correspondant à la ligne axiale de l'inducteur, et le troisième fil G, commun aux deux séries, correspond à un troisième balai F′ placé sur le collecteur à égale distance des deux autres. Ce dernier agit comme compensateur, quand il y a plus de lampes d'un côté que de l'autre; mais en général on s'arrange, dans les branchements des conducteurs des maisons avec le circuit principal, de manière que le nombre des lampes soit égal de part et d'autre; de sorte qu'en général il passe très peu de courant par ce fil compensateur. Quand, dans une station centrale, on emploie deux machines, comme on le voit fig. 10; le fil compensateur G est placé entre les deux machines.

Dans la disposition ordinaire, quand une machine fournit une force électromotrice de 110 volts aux balais, on calcule la résistance des fils conducteurs de manière qu'ils n'entraînent qu'une perte de 10 volts, et leur résistance peut être indiquée par les formules $E = RI$ et $E = 10$ volts. Si l'intensité I doit correspondre à 200 lampes exigeant chacune une intensité i, $I = 200\,i$, et de ces trois équations on tire : $R = \frac{10}{200i}$ d'où l'on peut déduire la section et le poids du fil. Quand le système est appliqué à deux machines réunies en tension, le calcul se fait d'une manière analogue. En effet, les deux ma-

chines réunies donnent alors une force électromotrice de 220 volts dont on doit distraire 20 volts pour ramener l'action des fils conducteurs dans les mêmes proportions que précédemment. Pour les 200 lampes qui seraient alors réunies en tension

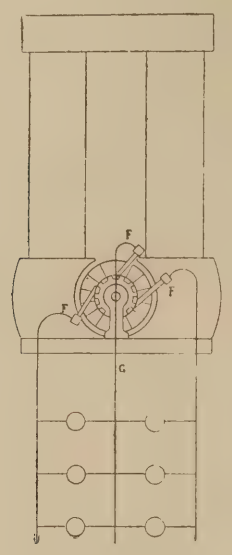


FIG. 9. — DISTRIBUTION DES CIRCUITS AVEC UNE MACHINE

deux par deux, l'intensité totale I sera $100\,i$, et la résistance des deux fils correspondant aux deux séries de lampes, sera donnée par la formule :

$$20^{v} = R' \times 100\,i, \text{ d'où } R' = \frac{20}{100i} = 4\,\frac{10}{200i} = 4\ R,$$

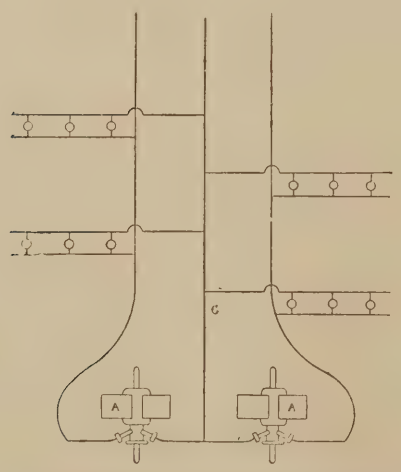


FIG. 10. — DISTRIBUTION DES CIRCUITS AVEC DEUX MACHINES

et l'on voit qu'avec ce système la résistance R′ devant être quatre fois plus grande qu'avec le système ordinaire, on peut n'employer qu'un poids quatre fois moindre de fil. Toutefois, comme M. Edison n'a pas voulu sacrifier l'indépendance des lampes aux avantages économiques qui pouvaient résulter de leur groupement en tension, il a dû adopter le fil de compensation dont il a été question précédemment, et l'expérience a démontré que sa grosseur devait être égale à celle des deux autres. Dans ces conditions, la quantité de courant qui passe par ce fil correspond à la différence des nombres de lampes allumées à droite et à gauche de ce fil. Avec cette disposition, au lieu d'employer deux fils pesant chacun 1, par exemple, on en aura 3 pesant chacun 1/4, et l'économie sera encore de 5/8 ou 62,5 pour 100, ainsi qu'on l'a vu plus haut.

TH. DU MONCEL.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

DES TRAINS

AU LONDON-BRIGHTON RAILWAY

Le *Pulman Limited Express*, qui fait le service des trains de luxe deux fois par jour entre Londres et Brighton, est éclairé, depuis octobre 1881, par des lampes à incandescence Edison, alimentées par des accumulateurs et par des machines dynamo Siemens, mises en mouvement par les essieux de leur fourgon [1]. M. M. Stroudley, ingénieur de la traction du London Brighton, et M. E.-J. Houghton, viennent d'apporter, à l'installation de cet éclairage, quelques perfectionnements que nous croyons utile de faire connaître à nos lecteurs.

Ces perfectionnments ont pour objet principal, le renversement automatique de l'orientation des balais de la dynamo, de manière à maintenir le sens du courant indépendant de celui de la marche du train ; de plus, les balais ne viennent au contact des collecteurs qu'après une certaine excitation du champ magnétique, enfin le courant excitateur de la dynamo est dérivé du circuit des lampes. Le circuit de ce courant, ainsi que celui du courant qui charge les accumulateurs n'est d'ailleurs fermé qu'à partir d'une certaine vitesse de la dynamo.

Le courant de la dynamo ne sert qu'à charger alternativement deux batteries d'accumulateurs ; dont l'une fournit le courant des lampes pendant que l'autre se charge. Le renversement des courants nécessaire à cette alternance s'opère à l'aide d'un commutateur manœuvré à la main.

Le mécanisme nouvellement proposé, par MM. Stroudley et Houghton, pour rendre le sens du courant indépendant de celui de la rotation de la dynamo est représenté par les figures 1 et 3.

(1) Voir la *Revue générale des chemins de fer* de mars 1882, p. 227-230.

La dynamo porte (fig. 1 et 3) deux paires de balais P_1 et P_2, disposés sur des balanciers $G G^2$ actionnées par la dynamo même, de sorte que ce sont toujours les deux balais P_1 ou les deux balais P_2 qui viennent, suivant le sens de la rotation de la dynamo au contact du collecteur A. Ces balais remplissent ainsi le rôle d'un commutateur, toutes les fois que le mouvement de la dynamo ou du train change de sens.

L'arbre de la dynamo porte, pour cet objet, une

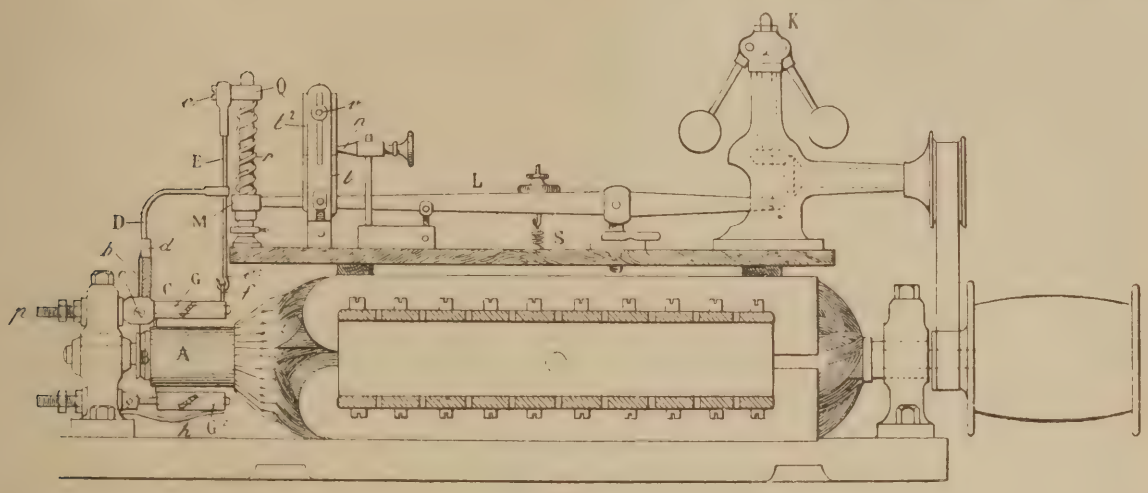


FIG. 1

poulie B, munie d'un frein à bande *b*, dont l'une des extrémités va s'attacher, en *c*, sur la poulie C folle sur l'axe *p* du balancier G, l'autre extrémité s'attache au coulisseau *d*, du bras D, fixé sur la douille de C. Le coulisseau *d* tend, à l'aide d'un ressort, le frein *b*, suffisamment pour lui faire entraîner C

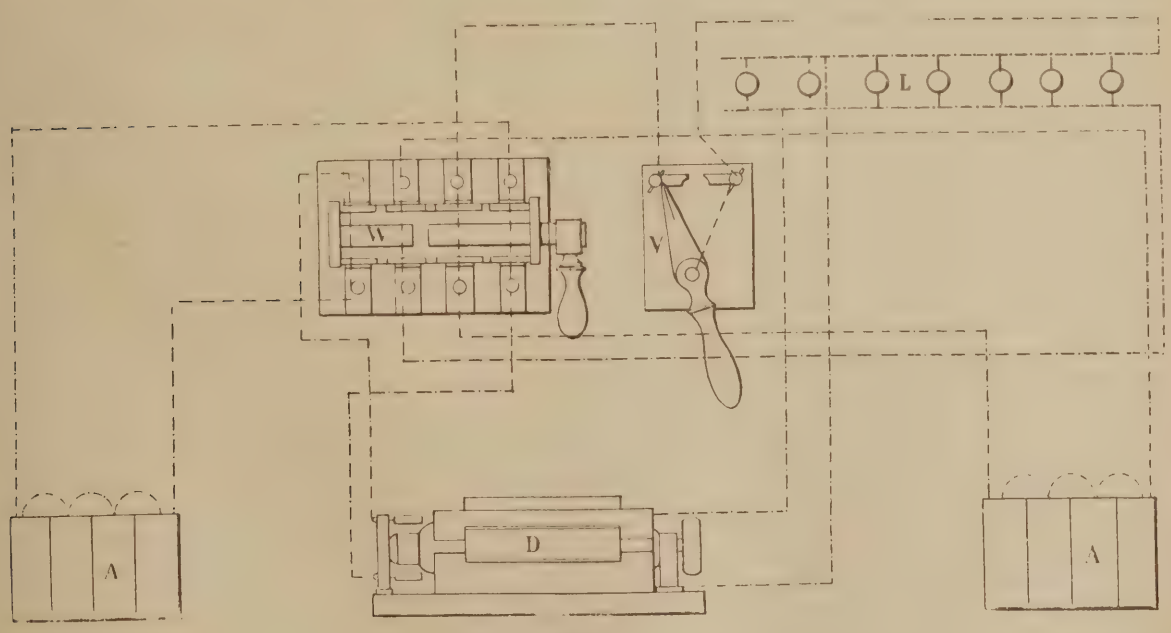


FIG. 2

et D, à droite ou à gauche, chaque fois que la dynamo change de sens. Le bras D entraîne, dans son oscillation, le bras E, dont l'extrémité e_1 parcourt l'arc *f* relié au balancier G qu'il fait ainsi basculer.

Le balancier G entraîne par *g* le balancier inférieur G_2, de manière à mettre au contact du collecteur A, les balais $P_1 P_1$ ou $P_2 P_2$.

Lorsque le bras E cesse d'agir, les balanciers, rendus horizontaux, comme l'indique la fig. 3, par la

pression du ressort *h*, détachent les quatre balais du collecteur.

Le pivot Q de la tige E, se trouve sur un ressort *r* qui le soulève et fait basculer le balancier seulement quand le régulateur K, relié, par L M, à ce ressort, a atteint une certaine vitesse réglée par S, de sorte que les balais ne rétablissent le courant qu'après une certaine excitation du champ magnétique.

La vitesse augmentant encore, ainsi que la compression du ressort *r*, le levier L amène la touche *t*

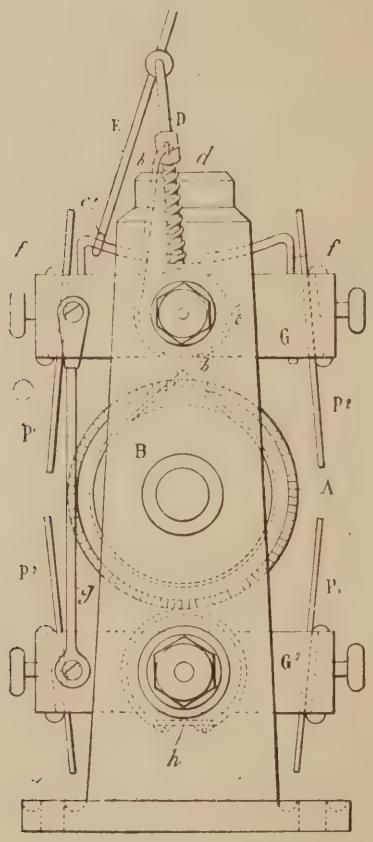


FIG. 3

au contact de *n* qui relie les fils des inducteurs au circuit des lampes alimenté par les accumulateurs en charge, puis au contact de *v*, qui les relie au circuit de chargement des accumulateurs. Dès que la vitesse de la machine tombe au-dessous d'une certaine valeur, ces contacts sont rompus, et les balais détachés, par la détente du ressort *r*.

On peut ainsi obtenir, sans autre moyen de régularisation, un courant suffisamment constant, malgré les variations de vitesse de la dynamo.

Les contacts *n* et *v* sont fixés sur une glissière isolante t_2.

La fig. 2 représente l'ensemble d'une installation d'une dynamo D et d'un commutateur W permettant de relier la dynamo à l'une des batteries d'accumulateurs A A en même temps qu'il relie l'autre batterie au circuit des lampes. Le commutateur porte, à cet effet, figures 4 et 5, deux contacts *w* et w_2. Les contacts *w* sont assez longs pour couvrir à la fois deux paires de ressorts *v*, *v*; les contacts w_2 diamétralement opposés et qui ne touchent qu'une paire de ressorts, sont reliés deux à deux, comme on le voit en v_2 (fig. 4).

Dans la position indiquée en fig. 4 le courant suit le trajet : dynamo 1, 2, accumulateurs en chargement, 3, 4, dynamo, le courant des accumula-

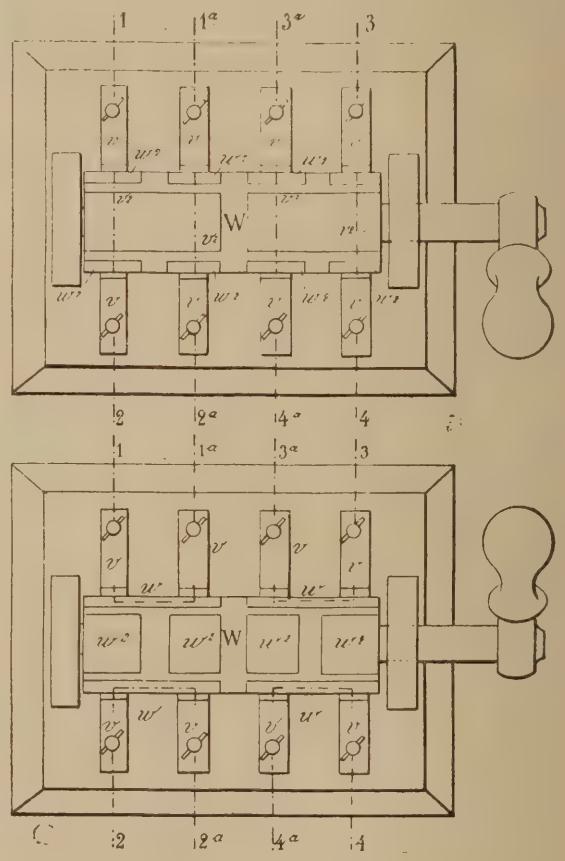


FIG. 4 ET 5

teurs chargés passe, par 1_a 2_a, des accumulateurs chargés aux lampes et aux électro-excitateurs de la dynamo puis revient, par 3_a 4_a, aux accumulateurs chargés.

Lorsque ces accumulateurs sont épuisés et les autres chargés, on tourne le commutateur dans la position de la fig. 5. Le courant de la dynamo passe par 1 et 1_a aux accumulateurs épuisés et revient, par 4 et 4_a, à la dynamo. Le courant des accumulateurs chargés passe par 2, 2_a 3, 3_a aux lampes et à la dynamo.

L'interrupteur *v* (fig. 2) sert à rompre ou à rétablir à volonté le circuit des lampes.

GUSTAVE RICHARD.

DÉTERMINATION

DE LA

FORCE ÉLECTROMOTRICE

ET DE LA

RÉSISTANCE INTÉRIEURE DES PILES

Lorsqu'on se propose de déterminer avec la plus grande rigueur la force électromotrice maximum d'une pile, on doit opérer sur des éléments fraîchement montés, qui n'entrent pas en fonctionnement pendant le cours de la mesure. En d'autres termes, la force électromotrice d'une pile, telle qu'elle est définie théoriquement, est représentée par la différence de potentiel aux bornes de la pile à circuit ouvert et n'ayant subi aucune polarisation. Dans ces conditions, elle est maxima.

Les méthodes employées généralement pour la détermination de la résistance intérieure d'une pile diffèrent de celles qui en fixent la force électromotrice: la pile entre en fonctionnement, et comme le mode de procéder demande un temps assez long, on est forcé d'admettre que la pile ne subit aucune polarisation sensible.

Dans les formules qui donnent la valeur de la résistance intérieure, la force électromotrice, se trouvant éliminée, est supposée constante. Ce qui n'est pas, à beaucoup près. Supposons cependant que les chiffres trouvés au moyen de ces procédés soient exacts rigoureusement; ils ne se rapporteraient alors qu'au cas où la pile n'est employée qu'à faire équilibre à une différence de potentiel donnée, c'est-à-dire au cas où elle ne fonctionne pas.

Mais si, dans une installation pratique, nous voulons nous rendre compte de la marche générale des piles, pouvons-nous, dans nos calculs, lorsque nous appliquerons la loi de Ohm, employer en toute certitude les chiffres trouvés au moyen des différentes méthodes auxquelles nous venons de faire allusion?

Au moment de la fermeture du circuit, la force électromotrice subit un coup de fouet qui l'affaiblit. Elle reste ensuite stationnaire durant une période de temps dépendant de l'énergie du dépolarisant, du travail demandé à la pile.

Suivant la durée, l'importance du travail, l'élément devra subir certaines modifications : dimension des récipients, concentration du liquide, etc.

A mesure que l'on demande à une pile de dimensions et de composition données un travail de plus en plus considérable, le temps pendant lequel la force électromotrice, la résistance intérieure de l'élément, restent d'une constance suffisante pour la pratique, devient de plus en plus court. Pour des intensités moyennes, il est sensiblement proportionnel au travail fourni par la pile.

M. le Dr d'Arsonval, M. Mercadier, ont fait des études très intéressantes sur la manière dont se comporte la pile Bunsen. Leurs résultats se sont trouvés pleinement d'accord.

L'intensité du courant fourni par la pile était assez considérable; ils ont constaté que la force électromotrice restait constante tant que la richesse de l'acide azotique n'était pas tombée au-dessous de 28° à 25° de l'aréomètre Beaumé. La résistance de la pile subissait très peu de variation, et pouvait être considérée comme constante également. « A partir de ce moment, dit M. d'Arsonval, le courant devient très irrégulier, l'intensité fournie par la pile baisse de 50 %. »

Il y a donc intérêt à tous les points de vue à ne faire fonctionner toutes piles de construction analogue à celle de la pile Bunsen que pendant la période où le courant est constant.

Une première expérience nous donnera la durée pratique de la pile pour une intensité moyenne donnée.

Si nous faisons une série de mesures au moment où la pile aura fonctionné pendant la moitié du temps utile ainsi fixé, les valeurs de la force électromotrice et de la résistance intérieure calculées au moyen des procédés que nous allons décrire pourront être employées dans nos calculs lorsque nous voudrons établir le groupage, prévoir la marche d'une pile composée d'éléments identiques à ceux que nous aurons expérimentés.

Pour des intensités peu écartées de celle qui nous a servi à faire notre détermination, les constantes restent très sensiblement les mêmes. La période utile seule varie, et cela inversement au travail demandé ou à l'intensité de circulation, comme nous l'avons dit plus haut.

La méthode qui nous paraît remplir toutes les conditions de rapidité et d'exactitude désirables est une méthode galvanométrique. Nous avons employé dans nos essais un galvanomètre apériodique industriel Marcel Deprez. Un appareil de ce genre, d'une résistance intérieure de 100 ohms environ, et suffisamment sensible pour dévier de 15 à 20°, lorsque la différence du potentiel à ses bornes est 1 volt et une boîte de résistance étalonnée servant à régler la sensibilité du galvanomètre, une série de bobines de résistance à gros fil nous suffiront pour tous les cas qui peuvent se présenter.

La constante du galvanomètre varie peu avec le temps, la graduation en est simple; elle se fait, il est vrai, au moyen de piles dont la force électromotrice est bien déterminée. Mais cette opération délicate ne se reproduit que de loin en loin et on peut en toute certitude considérer comme constante l'intensité i qui traverse le galvanomètre pour une déviation donnée (20° ordinairement). De toute

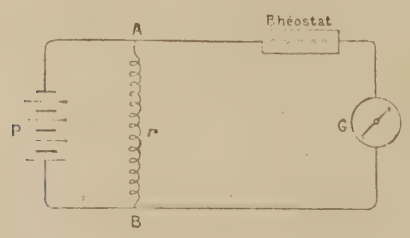
façon i variera très peu et du reste le galvanomètre dans la partie la plus importante de l'expérience n'est employé que comme appareil témoin. La résistance intérieure seule doit rester invariablement constante.

Supposons, comme l'indique la figure intercalée dans le texte, en P un nombre n d'éléments de pile identiques entre eux, dont nous voulons déterminer la force électromotrice et la résistance intérieure; en A et B le courant se bifurque pour traverser une résistance r et le galvanomètre en tension avec un rhéostat.

Ce dernier appareil a pour fonction de ramener toujours à la même déviation l'aiguille du galvanomètre, quelle que soit la différence de potentiel en A B.

L'intensité i qui traverse le galvanomètre doit rester, par conséquent, toujours la même pendant l'expérience.

Nous faisons varier d'abord simultanément les résistances r et R (cette dernière représente la somme des résistances du galvanomètre et du



rhéostat) jusqu'au moment où l'intensité de circulation I est très approximativement égale à celle qui dans l'expérience préliminaire avait fixé la durée de la période utile. La valeur de I nous est donnée par la formule générale

$$I = i\left(1 + \frac{R}{r}\right) \qquad (1)$$

dont nous avons eu déjà à nous servir.

Appelons E la force électromotrice cherchée d'un des éléments de la pile, ρ sa résistance intérieure. Le circuit étant fermé, la force électromotrice totale de n éléments est égale aux deux quantités suivantes :

1° La différence de potentiel ε aux bornes de la pile dont la valeur nous est donnée par la relation :

$$\varepsilon = R\,i$$

2° Le produit de l'intensité totale I tirée de la relation (1) par la résistance de l'ensemble de tous les éléments qui composent la pile

$$n\,\rho\,i\left(1 + \frac{R}{r}\right)$$

d'où

$$n\,E = R\,i + n\,\rho\,i\left(1 + \frac{R}{r}\right) \qquad (2)$$

Etablissons actuellement un nombre n_1 d'éléments identiques aux précédents ayant fourni le même travail, pendant le même temps, tel que n_1 soit plus grand que n et peu différent.

Sans faire varier la résistance R, changeons r en r_1 afin d'avoir la même déviation au galvanomètre.

Nous pouvons écrire

$$n_1\,E = R\,i + n_1\,\rho\,i\left(1 + \frac{R}{r_1}\right) \qquad (3)$$

Eliminons E des équations (2) et (3) nous avons :

$$\frac{n_1}{n} = \frac{R + n_1\,\rho\left(1 + \frac{R}{r_1}\right)}{R + n\,\rho\left(1 + \frac{R}{r}\right)}$$

d'où nous tirons, en faisant subir à cette relation une série de transformations, la valeur de ρ.

$$\rho = \frac{n_1 - n}{n\,n_1}\,\frac{r\,r_1}{r - r_1}$$

On remarque que la différence de potentiel aux bornes de la pile reste constante; R et i sont constants par les conditions même de l'expérience. La résistance r_1 correspondant à un plus grand nombre d'éléments sera plus petite que r, et la nouvelle intensité de circulation I_1 pourra être tirée de la relation

$$I_1 = R\,i\left(1 + \frac{R}{r_1}\right)$$

I_1 est plus grand que I et les éléments de pile ne se trouveront pas dans des conditions absolument identiques dans la seconde que dans la première partie des expériences. En prenant n assez grand et faisant $n_1 = n + 1$, I_1 différera très peu de I et les constantes trouvées pourront être considérées comme correspondant à une intensité moyenne

$$\frac{I + I_1}{2}$$

La formule qui donne la valeur de ρ devient :

$$\rho = \frac{1}{n\,(n+1)}\,\frac{r\,r_1}{r - r_1}$$

Dans le cas où l'élément possède une résistance assez grande pour qu'on n'ait pas à s'occuper de l'intensité du courant, on peut se donner :

$$n = 1 \qquad n_1 = 2$$

et la formule prend la forme plus simple

$$\rho = \frac{1}{2}\,\frac{r\,r_1}{r - r_1}$$

En portant la valeur de ρ dans l'équation (2) on a la valeur de E, et comme vérification des chiffres ainsi trouvés on peut faire une troisième expérience, avec n_2 piles par exemple, et se donner toujours

une différence de potentiel aux bornes constante, nous aurons :

$$n_2 E = R i + n_2 \rho i \left(1 + \frac{R}{r_2}\right) \qquad (4)$$

En remplaçant E et ρ par leurs valeurs trouvées précédemment, et r_2 par celle que nous donne cette troisième expérience, si les constantes trouvées offrent un degré suffisant d'exactitude, la relation (4) sera une identité.

ADOLPHE MINET

LA NOUVELLE

MACHINE MULTIPOLAIRE

A COURANT CONTINU

DE M. GRAMME

Nous trouvons, dans un des derniers numéros de la *Revue industrielle*, les dessins d'une nouvelle machine Gramme à courant continu, d'une forme originale, et que l'inventeur destine spécialement au transport de la force, comme le montrent les figures 1, 2 et 3, qui sont une coupe longitudinale et une vue de bout et une coupe transversale de la machine; la disposition générale des différents organes est celle qu'on retrouve dans presque toutes les machines dynamo-électriques à courant alternatif et qui est appliquée ici à une machine à courant continu. Les inducteurs se composent de deux séries d'électro-aimants montés en cercle sur deux plateaux parallèles et perpendiculaires à l'axe de l'anneau. Les pôles des électros sont sur l'un des plateaux alternativement de nom contraire et de même nom que ceux qui se trouvent en regard sur l'autre. La machine, on le voit, est multipolaire, et l'induit, sur le montage duquel nous reviendrons plus loin, se compose d'une bobine verticale qui, tournant entre les deux couronnes d'électros, n'est influencée que sur ses deux faces. Le nombre des pôles est de 12 paires, exigeant par suite un même nombre de frotteurs. Tous les balais positifs sont maintenus dans des gaines fixées à un disque métallique et tous les balais négatifs sont maintenus dans des gaines établies sur un second disque électriquement isolé du premier, mais néanmoins boulonné avec lui. Ils peuvent tourner librement sur une nervure circulaire venue de fonte avec l'un des plateaux, contre lequel ils sont maintenus par deux coulisses laissant la possibilité de les déplacer angulairement d'une quantité variable quand on veut modifier la position des balais par rapport aux lignes neutres de polarisation. Le réglage et le serrage des frotteurs s'opèrent au moyen de chevilles montées sur des tourillons qui sont fixés sur deux autres disques isolés l'un de l'autre et boulonnés ensemble. Ils tournent sur une nervure venue de fonte avec le support du coussinet de l'arbre et une série de chevilles pénétrant dans les entailles correspondantes des porte-balais permet d'opérer le réglage convenable.

La machine ainsi constituée paraît avoir été étudiée avec un soin extrême dans tous les détails purement mécaniques, mais un peu au détriment des parties électriques.

La disposition du champ magnétique multipolaire, composé de ces deux couronnes d'électro, convient fort bien aux machines dynamo à courant alternatif, mais il n'en suit pas qu'elle doive en tous les cas être recherchée et que son application

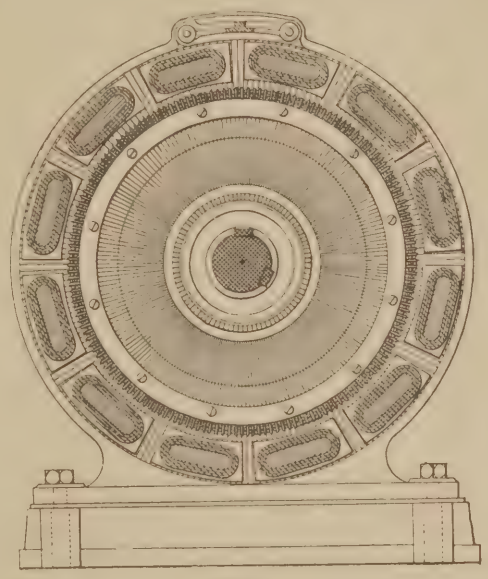


FIG. 1

à une machine à courant continu doive donner de très beaux résultats. Tous les pôles de sens contraire qui se touchent presque sur un même disque produisent forcément une déviation considérable des lignes de force, que la disposition de l'anneau ne permet pas d'utiliser. En outre, le fil d'un même côté de l'induit tournant toujours entre deux pôles de même nom très rapprochés l'un de l'autre, doit évidemment être influencé par ces deux pôles à la fois pour donner naissance à deux forces électromotrices de sens contraire qui affaiblissent le courant engendré. Chaque électro d'ailleurs renferme une petite masse de fer, et dans ces conditions le champ magnétique véritablement utilisé doit être peu considérable. Ce n'est pas tout; en dehors de ce que nous venons de dire, le plus gros inconvénient de l'adaptation d'une carcasse de machine à courant alternatif à une autre à courant continu, est la mulriplicité des balais qu'elle entraîne forcément.

Les frotteurs, dans presque toute machine dynamo-électrique, sont toujours un point délicat, surtout lorsqu'on fait usage de tensions relativement élevées, et si deux balais souvent sont la source d'extrà-courants qu'on cherche avec tant de soin à éviter, il ne nous paraît pas que ces ennuis doivent diminuer à mesure que le nombre des balais augmente. Le réglage est toujours une chose délicate quand il n'y en a que deux, et nous ne croyons pas vraiment qu'il soit simplifié quand il y en a douze. Avec la nouvelle machine Gramme, en effet, les quatre disques, les porte-balais et les balais sont tous solidaires du service normal; le réglage et le serrage est une opération assez longue et assez difficile. Il faut d'abord enlever les boulons qui fixent les premiers disques aux coulisses du bâti pour pouvoir amener successivement chaque balai à la partie supérieure du collecteur, et la longueur de chacun d'eux ainsi réglée, il faut après les serrer fortement dans leurs gaines respectives. Cela fait, il reste à remettre les boulons des coulisses, à déterminer pour le balai supérieur la position convenable par rapport à la ligne neutre et à faire tourner les plateaux qui portent les chevilles au moyen d'une vis spéciale, pour appliquer les balais sur le collecteur. Dans ces conditions, on obtient un serrage uniforme, il est vrai, pour tous les balais, mais par suite de la complication des organes on risque facilement de serrer malgré soi trop ou pas assez, et si l'usure n'est pas absolument la même, l'uniformité même dans le serrage est altérée.

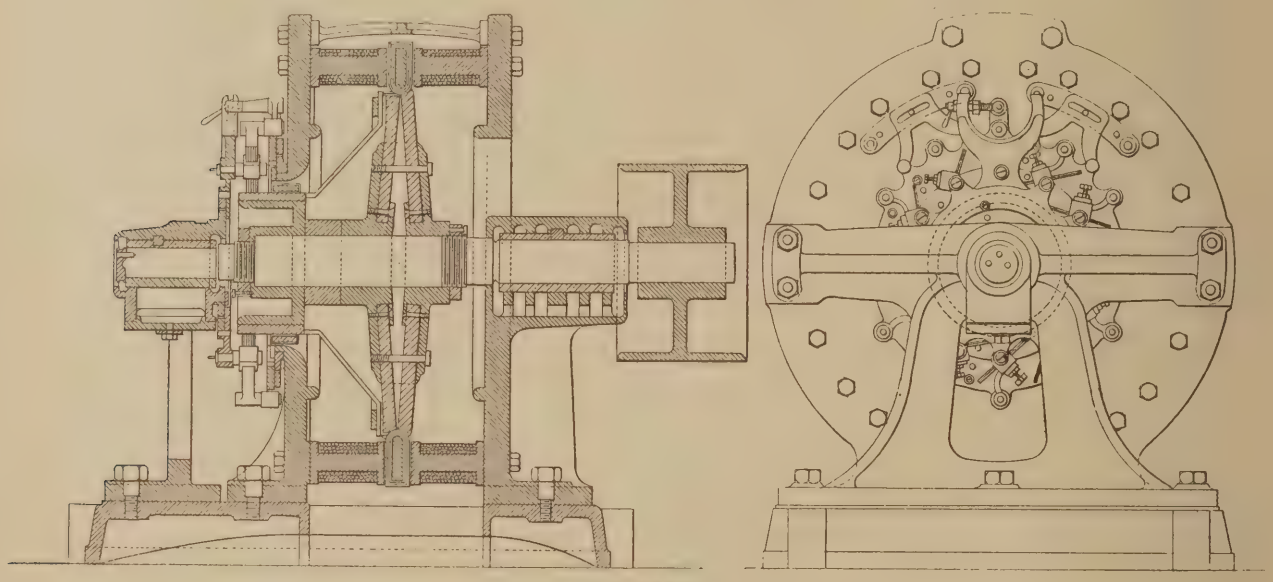


FIG. 2 ET 3

A côté de ces critiques que nous regrettons d'avoir à adresser à une personnalité comme celle de M. Gramme ; il est en revanche certain point que nous pouvons louer sans réserve. La construction de l'anneau a été très ingénieusement comprise et l'emploi de bois dans le montage doit complètement éviter les résistances passives que les courants de Foucault entraînent toujours avec l'emploi de bronze. La bobine est fixée, disons-nous, à l'aide de plateaux en bois serrés très fortement l'un contre l'autre par des moyeux en fonte clavetés sur l'arbre. En outre pour bien régler la position de l'anneau et l'empêcher de toucher aux armatures polaires, l'inventeur a placé dans les coussinets de l'arbre deux clavettes analogues à celles des bielles des machines à vapeur, de manière à diviser mathématiquement en deux parties égales le jeu ménagé entre les faces de l'inducteur et les armatures des électro-aimants. Le montage et le démontage sont aussi très faciles et, à ce point de vue, la machine multipolaire offre un sérieux avantage.

Deux exemplaires de ce type sont terminés ; une expérience de transport de force a été faite dans l'atelier, paraît-il, mais les quelques chiffres que nous connaissons ne permettent pas de porter un jugement certain sur les résultats qu'on peut atteindre. La génératrice faisait 834 tours, la réceptrice en faisait 645. Le travail mesuré au frein sur la réceptrice était de 3 037 kilogrammètres soit 40 chevaux environ. Le rendement ajoute M. Lestang dans son article dépassait 60 o/o entre le travail réellement consommé et le travail transporté à une distance d'un kilomètre : et c'est tout. Evidemment c'est très possible ; mais quand il s'agit du transport de la force par l'électricité, la distance entre les deux machines ne se compte pas en mètres, mais en ohms pour qu'on puisse se faire

une idée exacte de la puissance des machines employées. D'ailleurs, que le conducteur soit en fer ou en cuivre, une longueur de un kilomètre ne peut guère représenter plus de 10 ohms de résistance et une installation dans de semblables conditions ne répond guère à un besoin véritablement pratique.

Il serait donc intéressant de connaître les résultats des mesures électriques ainsi que les différents frais des matières employées dans la machine même. Une quantité de fer, de cuivre étant donnée, il s'agit de la répartir de la meilleure manière pour avoir le meilleur résultat ; et à défaut d'une caractéristique sur laquelle tout est représenté, il faut au moins pour porter un jugement sur une machine, savoir ce qu'elle peut donner par mètres de fil et par ampère. Actuellement tout ce qu'on peut tirer des chiffres précédents, c'est que l'effort tangentiel ne dépasse guère 70 kilogrammes, et que le travail de 40 chevaux n'a pu être atteint que grâce à la vitesse linéaire considérable de 40 mètres par seconde. Ces conditions de marche ne sont pas sans présenter bien des inconvénients et jusqu'à plus ample information, nous ne croyons pas que cette nouvelle machine quelque originale qu'elle soit puisse être employée dans la pratique courante et que son emploi sera généralisé.

P. Clemenceau.

THÉORIE
DES
MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

2e article. (*Voir le numéro du 19 janvier 1884.*)

§ 8. — *Travail des forces pondéromotrices et électromotrices dans le cas où le noyau de fer de la spirale mobile est en repos.*

Ayant obtenu les moments magnétiques dont nous avons besoin, nous pouvons déterminer le travail fourni par la force pondéromotrice lorsque la machine est en marche. Nous ferons d'abord pour cela une supposition qui n'est pas réalisée, il est vrai, dans les machines de construction habituelle, mais dont les résultats peuvent facilement être étendus à ces dernières et qui facilitera notre recherche. Nous admettrons en effet que le noyau de fer de la spirale mobile ne partage pas la rotation de celle-ci, mais qu'il soit fixe, de telle sorte que la spirale mobile tourne seule et se trouve soumise à l'action d'une double force, la force de l'électro-aimant fixe qui agit de l'extérieur, et la force du noyau de fer magnétique qui agit de l'intérieur [1].

La force pondéromotrice que l'électro-aimant fixe exerce sur la spirale mobile est proportionnelle, d'une part, au moment magnétique M de l'électro-aimant fixe, et d'autre part au moment magnétique de la spirale et par suite aussi à la quantité N introduite plus haut.

Nous pouvons donc représenter le travail effectué par cette force pendant l'unité de temps, travail qui doit encore être proportionnel au nombre de tours v par le produit de MNv et d'un facteur constant.

Mais comme pour le sens de rotation que doit avoir la machine lorsqu'elle est employée à produire un courant, sens que nous appellerons le sens positif, le travail de la force pondéromotrice est négatif, puisque cette force s'oppose au mouvement et doit être vaincue par une force étrangère; il y a lieu de rappeler cette circonstance en affectant le facteur constant du signe —; nous le représentons donc par $-h$; alors l'expression de ce travail est

$$-hMNv$$

L'autre force pondéromotrice, que la spirale mobile éprouve de la part de son noyau magnétique intérieur, est d'abord comme la précédente proportionnelle à la quantité N; elle dépend en outre du moment magnétique du noyau de fer; mais dans ce dernier moment nous devons distinguer les deux composantes introduites à la fin du dernier paragraphe. La composante P_2, qui représente un moment magnétique dont l'axe coïncide avec l'axe de N, a un moment de rotation nul sur la spirale mobile. La composante P_1, au contraire, qui représente un moment magnétique dont l'axe est perpendiculaire sur l'axe de N, donne un moment de rotation qui est proportionnel à P_1. Nous pouvons donc représenter le travail de cette force pondéromotrice, qui, comme le précédent, est encore proportionnel au nombre des tours v, e qui est négatif pour une rotation positive, par

$$-kNP_1v$$

k désignant une nouvelle constante.

En additionnant ces deux travaux partiels, nous obtenons le travail de force pondéromottice totale pendant l'unité de temps, savoir

$$T = -hMNv - kNP_1v \tag{17}$$

---

[1] En toute rigueur nous devrions dans l'électro-aimant fixe distinguer encore deux forces qui devraient être considérées séparément : 1° la force exercée par le noyau de fet magnétique de l'électro-aimant fixe, et 2° la force exercée directement par le courant qui traverse la spirale de l'électro-aimant fixe; mais, comme dans les machines dynamo-électriques connues, cette seconde force est très faible com-

Puis l'équation (11) permet de déduire de cette expression le travail de la force électromotrice

$$(18) \qquad Ei = hMN\nu + kNP_1\nu - \rho i^2\nu$$

Et enfin remplaçant P_1 par sa valeur donnée à la fin du dernier paragraphe, on obtient

$$(19) \qquad T = -MN\left(h + \frac{kC}{1+\beta i}\right)\nu$$

$$(20) \qquad Ei = MN\left(h + \frac{kC}{1+\beta i}\right)\nu - \rho i^2\nu$$

§ 9. — *Travail des forces pondéromotrice et électromotrice dans le cas où le noyau accompagne la spirale mobile dans sa rotation.*

Dans les calculs précédents, nous avons admis que le noyau restait immobile et que la spirale seule était en mouvement. Dans les machines réellement employées, le noyau est, au contraire, presque toujours invariablement lié à la spirale et tourne avec elle. Nous avons à nous demander si, et jusqu'à quel point, il en résulte un changement dans les effets produits.

Quand le noyau tourne, les pôles du magnétisme qui s'y développe changent continuellement de place *dans le fer lui-même*, mais ils gardent leur position *dans l'espace*. Il résulte de cette dernière circonstance que les divers tours de la spirale, tout en conservant leur position *relativement aux divers points de la masse de fer*, se déplacent constamment *par rapport aux pôles*.

Si le mouvement est lent, on peut admettre que les pôles ont la même position et la même intensité que lorsque le noyau est immobile. Si le mouvement est rapide, il n'en est naturellement plus de même, il se produit des perturbations dans leur position et dans leur intensité. Toutefois, nous négligerons d'abord ces perturbations, nous réservant de les examiner ensuite en même temps qu'une autre action secondaire qui se produit lorsque le mouvement est rapide. Nous admettrons donc pour le moment que *dans le noyau en mouvement les pôles ont la même position et la même intensité que dans le noyau immobile.*

Pour ce qui concerne la force *électromotrice* induite, comme elle ne résulte que du déplacement des tours de la spirale mobile *par rapport aux pôles*, on voit qu'elle ne doit pas changer dans les conditions supposées. Nous pouvons donc employer, dans le cas d'un noyau entraîné dans le mouvement de la spirale, les équations (18) et (20), qui nous ont donné le travail de la force électromotrice dans le cas où le noyau est fixe.

Pour la force *pondéromotrice*, au contraire, la question est moins simple, attendu que, suivant la nature du mouvement, des forces différentes entrent en jeu en produisant un travail mécanique. La force exercée par le noyau magnétique sur la spirale, qui fournissait le travail que nous avons déterminé dans le cas où la spirale seule est mobile, a son action contre-balancée dans le cas où le noyau est lié à la spirale, par la force égale et contraire exercée par le courant qui parcourt celle-ci sur le noyau magnétisé. En revanche, une autre force, celle qui est exercée par l'électro-aimant fixe sur le noyau, et qui ne travaillait pas lorsque celui-ci était immobile, produit, au contraire, un travail lorsqu'il se meut. Il faut donc comparer les grandeurs de ce dernier travail et de celui que nous avons déterminé précédemment.

C'est ce qu'on peut faire par des considérations assez simples. Supposons un instant qu'il n'y ait *que le noyau* de mobile, tandis que la spirale et l'électro-aimant restent dans une position invariable. Lorsque le noyau est rendu magnétique par l'action commune de l'électro-aimant et du courant de la spirale, des forces agissent sur lui, mais elles ne le mettent pas en mouvement, ainsi qu'on peut le conclure de sa forme de solide de révolution dont l'axe coïncide avec l'axe de rotation; mais si ces deux forces motrices ne le mettent pas en mouvement, on en conclut qu'elles ont des moments de rotation égaux et opposés; le moment de rotation exercé par l'électro-aimant fixe sur le noyau est donc égal et opposé au moment de rotation exercé par la spirale. Celui-ci étant à son tour égal et opposé au moment de rotation que le noyau exerce sur la spirale, il s'ensuit que *le moment de l'action exercée par l'électro-aimant fixe sur le noyau est égal et de même sens que celui de l'action exercée par le noyau sur la spirale mobile.*

Par suite, le travail effectué par l'action de l'électro-aimant fixe sur le noyau lorsque celui-ci se meut, a la même valeur que le travail déterminé ci-dessus de la force exercée par le noyau immobile sur la spirale en mouvement.

En représentant mathématiquement ces deux travaux, on obtient d'abord, il est vrai, des expressions qui semblent différentes. Le second de ces travaux doit être proportionnel à N et à P_1, et nous avions trouvé

$$-kNP_1\nu$$

k étant une constante indéterminée. L'autre travail, au contraire, doit être proportionnel à M et à P_2 et peut de même être représenté par

$$= k'MP_2\nu$$

k' étant provisoirement une nouvelle constante indéterminée. Ces expressions paraissent fort diffé-

paratively à la première, nous négligerons cette distinction et nous ne considérerons que la force totale de l'électro-aimant fixe.

rentes, mais en y remplaçant P_1 et P_2 par leurs valeurs (16) elles deviennent

$$-\frac{k\,CMN}{1+\beta i}\,v \quad \text{et} \quad \frac{k'\,CMN}{1+\beta i}\,v$$

il suffit donc de prendre $k'=k$ pour rendre égales ces deux expressions, qui doivent l'être d'après les raisonnements qui précèdent.

Ayant démontré l'égalité dans les deux cas de la partie du travail de la force pondéromotrice, qui seule semblait pouvoir être différente, nous voyons que tout le travail de la force pondéromotrice reste le même, que le noyau soit ou non immobile, et nous pouvons par suite, en réservant l'hypothèse posée pour la situation et la force des pôles, employer dans le cas aussi où le noyau accompagne la rotation de la spirale, l'expression (19) du travail T, démontrée pour le cas où le noyau est immobile.

§ 10. — *Modifications à apporter aux résultats précédents dans le cas d'une rotation rapide.*

Nous avons supposé dans ce qui précède que le magnétisme produit dans le noyau par l'action commune de l'électro-aimant fixe et du courant de la spirale, est le même lorsque le noyau tourne que lorsqu'il reste immobile. Cette condition est satisfaite suffisamment lorsque le mouvement est lent; mais pour une rotation rapide, il résulte de l'inertie que le fer oppose aux changements de son état magnétique, que les pôles ont une position et une intensité un peu différentes dans le noyau en mouvement que dans le noyau en repos. Jusqu'ici, à ma connaissance, on n'a pas tenu compte de cette circonstance dans les calculs relatifs aux machines dynamo-électriques.

Pour la position des pôles, ou la direction de l'axe magnétique, l'angle φ que forme cet axe dans le noyau en repos avec la direction opposée à l'axe de l'électro-aimant est déterminé par les équations (15) du § 7. Si maintenant le noyau tourne rapidement, on peut admettre que son axe magnétique est déplacé dans le sens de la rotation, d'un petit angle proportionnel à la vitesse. Si donc φ' représente l'angle du nouvel axe magnétique du noyau avec l'axe renversé de l'électro-aimant, on peut poser

$$\varphi' = \varphi + \varepsilon v \tag{21}$$

ε étant une petite quantité constante.

L'intensité des pôles doit être un peu plus faible dans le noyau en mouvement que lorsqu'il est immobile. Je pense que l'on ne commet pas d'erreur appréciable en admettant que le nouveau moment magnétique est égal à la projection du moment primitif sur la nouvelle direction de l'axe. Ce moment primitif P a été déterminé par l'équation (14); appelant P' le moment magnétique dans le noyau en mouvement, nous poserons donc

$$P' = P\cos\varepsilon v \tag{22}$$

Si maintenant nous décomposons ce moment magnétique P', comme nous l'avions fait pour P, en deux composantes parallèle et perpendiculaire à l'axe de l'électro-aimant pris en sens contraire, composantes que nous appellerons P'_1 et P_2, nous aurons

$$P'_1 = P'\cos\varphi' = P\cos\varepsilon v.\cos(\varphi+\varepsilon v)$$
$$P'_2 = P'\sin\varphi' = P\cos\varepsilon v.\sin(\varphi+\varepsilon v)$$

Développant ces expressions suivant les puissances de εv, et négligeant les puissances supérieures à la première de la petite quantité εv, il vient

$$P'_1 = P(\cos\varphi - \varepsilon v\sin\varphi)$$
$$P'_2 = P(\sin\varphi + \varepsilon v\cos\varphi)$$

ou enfin, en tenant compte des équations (16)

$$\left\{\begin{aligned} P'_1 &= \frac{C}{1+\beta i}(M-\varepsilon v N) \\ P'_2 &= \frac{C}{1+\beta i}(N+\varepsilon v M) \end{aligned}\right. \tag{23}$$

Les termes contenant εv produisent une augmentation du travail et une diminution du courant lorsque le sens de la rotation est tel que la machine absorbe du travail et fournit un courant; ils donnent lieu, au contraire, à une augmentation du courant et une diminution du travail lorsque la machine, sous l'influence du courant, fournit un travail mécanique. Ainsi, l'inertie magnétique du noyau en mouvement a, dans tous les cas, une influence nuisible sur le rendement de la machine. Cette influence peut être diminuée en donnant aux ressorts de contact une position différente suivant que la rotation est lente ou rapide, mais on ne peut pas la supprimer complètement.

En dehors de cette influence de l'énergie magnétique du fer, il peut se produire une autre action, également défavorable pour le rendement de la machine : je veux parler de l'induction de courants magnétiques dans le noyau lui-même. Ces courants sont souvent appelés courants de Foucault, parce que cet auteur a fait une expérience qui démontre leur existence d'une manière frappante. Toutefois, l'existence et l'explication de ces courants étaient connues longtemps avant l'expérience de Foucault [1].

Quand le noyau tourne, il est soumis à l'action

[1] Je remarquerai seulement à cet égard que le mouvement de rotation que prend une aiguille aimantée au-dessus d'un disque métallique tournant, et l'étouffement des oscillations de l'aiguille dans une enveloppe de cuivre, phénomènes qui résultent des courants en question, étaient généralement connus à cette époque, et que personne n'avait de doute sur leur cause.

de l'électro-aimant fixe, et des forces électromotrices sont induites dans sa masse, comme dans tout conducteur qui se meut en présence d'un aimant.

Le noyau tournant étant de plus sous l'influenee du courant de la spirale, nous avons à voir si ce courant produit aussi une induction sur lui. Le conducteur de ce courant tourne avec le noyau et est en repos relativement à lui; une induction ne peut donc se produire que par des variations du courant. Or, de telles variations ont lieu en effet dans les subdivisions qui passent devant les ressorts et où le sens du courant se renverse. Ces renversements, continuellement répétés, doivent avoir pour conséquence une induction sur le noyau.

Mais par un raisonnement analogue à celui du § 9, on peut prouver aisément que les forces électromotrices induites dans le noyau en mouvement, lorsque la spirale l'accompagne et que les renversements de courant se produisent, doivent être les mêmes que lorsque la spirale est immobile et que les renversements de courant n'ont pas lieu. Nous pouvons alors déterminer l'induction en supposant que le noyau en mouvement se trouve simplement sous l'influence de l'électro-aimant fixe et d'un courant invariable circulant dans un conducteur fixe aussi. Nous concluons ainsi que les forces qui produisent l'induction sont les mêmes que celles qui produisent la magnétisation, et nous savons que ces dernières ont une résultante dont la grandeur est, à un facteur constant près $\sqrt{M^2 + N^2}$ et dont la direction est déterminée par l'angle φ des équations (15).

Ces forces électromotrices induites dans le fer du noyau peuvent donner naissance à des courants fermés qui circulent dans son intérieur, mais dont le développement peut être presque complètement empêché en formant le noyau de parties disjointes. C'est à quoi l'on parvient dans la machine Gramme en employant un faisceau annulaire de fils de fer au lieu d'un anneau massif.

Quand ces courants sont un peu forts, ils exercent une double influence. Ils ont d'abord eux-mêmes un moment magnétique qui doit entrer en ligne de compte comme les autres moments; puis ils ont une action magnétisante sur le fer, et modifient ainsi le magnétisme déjà existant dans le noyau.

L'intensité des courants induits dans le noyau, et, par suite, la grandeur de leur moment magnétique, est proportionnelle d'une part à la force induisante, ou à $\sqrt{M^2 + N^2}$, et, d'autre part, à la vitesse de rotation v. On peut ainsi représenter ce moment par

$$\eta v \sqrt{M^2 + N^2}$$

η étant une petite quantité constante.

Pour déterminer ensuite le moment du magnétisme développé par ces courants, il faut observer que la masse de fer sur laquelle ils agissent est déjà magnétisée par d'autres forces beaucoup plus puissantes; ce qui influe sur le dénominateur de l'expression cherchée. Nous devons former pour le moment cherché comme nous l'avons fait pour le moment magnétique P dans l'équation (14), l'expression

$$\frac{D\eta v\sqrt{M^2 + N^2}}{1 + \beta i}$$

où D est une constante analogue à la constante C de (14). Ces deux moments que nous venons de déterminer ayant leurs axes parallèles, nous n'avons qu'à les additionner et nous obtenons le moment total

$$\eta v\sqrt{M^2 + N^2}\left(1 + \frac{D}{1 + \beta i}\right)$$

La direction de l'axe de ce moment magnétique résultant de l'induction est perpendiculaire à la force qui produit cette induction; de sorte que nous devons employer, pour la déterminer, l'angle $\varphi + \frac{\pi}{2}$ au lieu de l'angle φ. Si nous décomposons ce moment suivant les directions des composantes P_1 et P_2 du moment P, nous devons le multiplier par $\cos\left(\varphi + \frac{\pi}{2}\right)$ et $\sin\left(\varphi + \frac{\pi}{2}\right)$, ou, ce qui est la même chose, par $-\sin\varphi$ et $\cos\varphi$. Nous obtenons alors suivant la direction de P_1 la composante

$$-\eta v\sqrt{M^2 + N^2}\left(1 + \frac{D}{1 + \beta i}\right)\sin\varphi$$

et suivant la direction de P_2

$$\eta v\sqrt{M^2 + N^2}\left(1 + \frac{D}{1 + \beta i}\right)\cos\varphi$$

Remplaçant enfin $\cos\varphi$ et $\sin\varphi$ par leurs valeurs (15) ces expressions deviennent

$$-\eta v N\left(1 + \frac{D}{1 + \beta i}\right), \quad \eta v M\left(1 + \frac{D}{1 + \beta i}\right)$$

et nous devons les ajouter respectivement aux quantités P_1' et P_2' des équations (23) que nous avons déduites de P_1 et P_2 en tenant compte de l'inertie magnétique du fer. Nous obtenons alors les composantes P_1'' et P_2'' du moment magnétique total du noyau :

$$(24) \quad \begin{cases} P''_1 = \dfrac{C}{1 + \beta i}(M - \varepsilon v N) - \eta v N\left(1 + \dfrac{D}{1 + \beta i}\right) \\ P''_2 = \dfrac{C}{1 + \beta i}(N + \varepsilon v M) + \eta v M\left(1 + \dfrac{D}{1 + \beta i}\right) \end{cases}$$

Si l'on pose pour abréger

$$(25) \qquad \varepsilon' = \varepsilon + \frac{D}{C}\eta$$

ces formules deviennent

$$(26)\quad \begin{cases} P''_1 = \dfrac{C}{1+\beta i}(M - \varepsilon' \nu N) - \eta \nu N \\ P''_2 = \dfrac{C}{1+\beta i}(N + \varepsilon' \nu M) + \eta \nu M \end{cases}$$

Ce sont ces dernières équations que nous emploierons comme étant plus générales que les formules (23). Dans les machines où les courants induits dans le noyau sont trop faibles pour qu'il soit nécessaire d'en tenir compte, on n'aura qu'à faire $\eta = 0$ d'où $\varepsilon' = \varepsilon$; et l'on retombera sur les équations (23).

§ 11. — *Emploi des quantités qui précèdent pour déterminer les travaux effectués par les forces pondéromotrice et électromotrice.*

Revenons aux équations (17) et (18) que nous avons posées dans le § 8 pour représenter le travail des forces pondéromotrice et électromotrice dans le cas où le noyau est immobile. Dans le cas où le noyau tourne aussi, l'équation (17) doit encore être modifiée d'après le § 9 en y remplaçant le produit NP_1 par MP_2. — Substituons dans les deux équations les nouvelles valeurs P_1'' et P''_2 à la place des anciennes P_1 et P_2, il vient

$$(27)\quad \begin{cases} T = -hMN\nu - kMP''_2\nu \\ Ei = hMN\nu + kMP''_1\nu - \rho i^2 \nu \end{cases}$$

Puis mettons pour P_1'' et P_2'' leurs valeurs

$$(28)\quad \begin{cases} T = -MN\left(h + \dfrac{kC}{1+\beta i}\right)\nu - kM^2\left(\eta + \dfrac{\varepsilon' C}{1+\beta i}\right)\nu^2 \\ Ei = MN\left(h + \dfrac{kC}{1+\beta i}\right)\nu - \rho i^2 \nu - kN^2\left(\eta + \dfrac{\varepsilon' C}{1+\beta i}\right)\nu^2 \end{cases}$$

Mettons enfin pour M et N leurs valeurs (12) et (13), c'est-à-dire

$$M = \frac{Ai}{1+\alpha i} \quad N = Bi$$

le facteur i de la deuxième équation disparaît, et l'on obtient :

$$(I)\quad T = -\left[\frac{AB}{1+\alpha i}\left(h + \frac{kC}{1+\beta i}\right)\nu + \frac{kA^2}{(1+\alpha i)^2}\left(\eta + \frac{\varepsilon' C}{1+\beta i}\right)\nu^2\right] i^2$$

$$(II)\quad E = \left[\frac{AB}{1+\alpha i}\left(h + \frac{kC}{1+\beta i}\right)\nu - \rho\nu - kB^2\left(\eta + \frac{\varepsilon' C}{1+\beta i}\right)\nu^2\right] i$$

relations fondamentales qui nous serviront de point de départ pour tous les calculs ultérieurs.

Pour les rendre un peu plus claires et plus commodes, nous remplacerons les constantes qu'elles renferment par d'autres constantes, dépendant des premières, et nous poserons

$$(30)\quad \begin{cases} a = \dfrac{1}{\alpha}, \quad b = \dfrac{1}{\beta}, \\ p = \dfrac{hAB}{\alpha}, \quad q = \dfrac{kABC}{\alpha\beta}, \\ l = \dfrac{A}{B\alpha}, \quad \sigma = kB^2\eta, \quad \lambda = \dfrac{kB^2C\varepsilon'}{\beta} \end{cases}$$

les équations prennent la forme

$$(I_a)\quad T = -\left[\frac{1}{a+i}\left(p + \frac{q}{b+i}\right)\nu + \left(\frac{l}{a+i}\right)^2\left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right)\nu^2\right] i^2$$

$$(II_a)\quad E = \left[\frac{1}{a+i}\left(p + \frac{q}{b+i}\right)\nu - \rho\nu - \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right)\nu^2\right] i$$

§ 12. — *Détermination de l'intensité du courant fourni par la machine quand aucune force électromotrice étrangère n'agit sur le circuit.*

Quand le conducteur extérieur, qui complète le circuit formé par les conducteurs de la machine elle-même, ne renferme pas d'autre force électromotrice, et que la force E induite dans la spirale mobile agit seule, on peut, R étant la résistance totale, former l'équation

$$E = Ri$$

de la loi de Ohm ; l'équation (H_a) donne alors

$$(31)\quad Ri = \left[\frac{1}{a+i}\left(p + \frac{q}{b+i}\right)\nu - \rho\nu - \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right)\nu^2\right] i$$

Supprimant le facteur commun i, et faisant passer dans le premier membre les termes qui n'ont pas de dénominateur, il vient

$$R + \rho\nu + \sigma\nu^2 = \frac{1}{a+i}\left(p + \frac{q}{b+i}\right)\nu - \frac{\lambda}{b+i}\nu^2$$

que l'on peut écrire

$$(32)\quad 1 = \frac{1}{a+i}\left(p + \frac{q}{b+i}\right)\frac{\nu}{R + \rho\nu + \sigma\nu^2} - \frac{\lambda}{b+i}\cdot\frac{\nu^2}{R + \rho\nu + \sigma\nu^2}$$

ou en posant, pour abréger,

$$(33)\quad w = \frac{\nu}{R + \rho\nu + \sigma\nu^2}$$

$$(34)\quad 1 + \frac{1}{a+i}\left(p + \frac{q}{b+i}\right) w - \frac{\lambda}{b+i} \nu w$$

On peut tirer de cette équation l'intensité i du courant donné par la machine. Multiplions par $a + i$ et par $b + i$ et ordonnons par rapport à i, nous obtenons

$$(35)\quad i^2 - (pw - \lambda\nu w - a - b)\, i - (pb + q)\, w + \lambda a \nu w + ab = 0$$

équation du second degré dont la résolution donne

$$(36)\quad i = \frac{1}{2}(pw - \lambda\nu w - a - b)$$
$$\pm \frac{1}{2}\sqrt{(pw - \lambda\nu w - a - b)^2 + 4(pb + q)\, w - 4\lambda a \nu w - 4ab}$$

On doit prendre le signe positif du radical ; le signe négatif conduirait pour toutes valeurs de ν à des valeurs négatives de i, ce qui est en désaccord avec la signification de i dans cette équation. Nous sommes partis en effet de l'équation (34) où i ne paraît qu'au dénominateur, et représente la valeur absolue de l'intensité, c'est-à-dire une grandeur essentiellement positive. En affectant le radical du

signe + on obtient pour i des valeurs positives et acceptables pour toutes les valeurs un peu grandes de v; et ce n'est que quand v tombe au-dessous d'une certaine valeur assez petite, que i peut devenir négatif. Nous laisserons ce dernier cas de côté pour le moment, quitte à y revenir un peu plus loin.

L'équation précédente peut aussi se mettre sous la forme

$$(37) \qquad i = \frac{1}{2}(pw - \lambda vw - a - b) + \frac{1}{2}\sqrt{(pw - \lambda vw + a - b)^2 + 4(q - pa + pb)w}$$

Pour la simplifier nous poserons encore

$$(38) \qquad w' = w\left(1 - \frac{\lambda}{p}v\right) = \frac{v - \frac{\lambda}{p}v^2}{R + \rho v + \sigma v^2}$$

$$(39) \qquad c = q - pa + pb$$

ce qui lui donne la forme simple

$$(40) \qquad i = \frac{1}{2}(pw' - a - b) + \frac{1}{2}\sqrt{(pw' + a - b)^2 + 4cw}$$

Pour en déduire comment i se compose, nous pouvons raisonner de la manière suivante. La constante (39) c peut suivant la construction de la machine, être positive, négative ou même nulle. Dans ce dernier cas, l'équation se simplifie beaucoup et se réduit à

$$(41) \qquad i = pw' - b$$

Si l'on trace une courbe en prenant w' comme abscisse et i comme ordonnée, on obtient alors une ligne droite qui coupe l'axe des abscisses en un point $w' = \frac{b}{p}$, et qui s'élève du côté des abscisses positives sous un angle dont la tangente est p.

Si c n'est pas nul, on obtient en exprimant w en w' et par conséquent en considérant i comme en fonction de w' seul, une courbe qui s'éloigne d'autant plus de la droite ci-dessus, que c a une valeur absolue plus grande. Cette courbe coupe l'axe des abscisses en un autre point et sa concavité est tournée dans un sens ou dans l'autre suivant que c est positif ou négatif. La courbure n'est d'ailleurs jamais considérable, et diminue quand w' augmente.

Si l'on veut avoir l'intensité du courant en fonction du nombre de tours v, il faudra remplacer w et w' par leurs valeurs (33) et (38). Nous devons remarquer alors que ces expressions renferment R au dénominateur, montrant ainsi comment l'intensité dépend de la résistance du circuit, et que, par suite des termes affectés des facteurs ρ, σ, et λ elles croissent plus lentement que v, surtout lorsque cette dernière quantité prend une valeur un peu considérable.

§ 13. — *Mise en marche de la machine*

Nous avons remarqué dans le dernier paragraphe que l'équation (36) même en employant le signe + au radical, et par suite aussi l'équation (40), donnent pour de petites valeurs de v des valeurs négatives et inadmissibles de i. Mais nous ne devons pas en conclure que l'équation fondamentale (II_a) d'où nous sommes partis donne des résultats inadmissibles lorsque la vitesse de rotation est petite. Nous devons remarquer au contraire que nous avons obtenu d'abord l'équation (31), et que ce n'est qu'à la suite d'une division par i que nous sommes arrivés à l'équation du second degré (35), dont (36) est la solution. Si nous n'avions pas effectué cette division, nous serions arrivés à une équation du 3e degré, admettant outre les racines de (36) une troisième racine $i = 0$. Cette valeur nulle de i doit donc être aussi considérée comme une valeur résultant de l'équation fondamentale et c'est celle que nous devons employer dans l'intervalle où les deux autres racines sont inadmissibles.

Si donc nous admettons l'exactitude absolue de l'équation fondamentale (II_a) nous arriverons aux résultats suivants. Pour de petites vitesses, la machine ne donne pas de courant, mais ce n'est qu'à partir d'une certaine vitesse qu'elle commence à agir; et à partir de ce moment l'accroissement de l'intensité du courant est immédiatement dans un rapport fini avec l'accroissement de la vitesse. Cette conclusion est d'accord avec l'expérience; tellement que l'on a donné un nom particulier à l'intervalle par lequel la machine n'agit pas : on donne le nom de *tours morts* à un certain nombre des premiers tours de la machine.

Mais on ne peut pas en toute rigueur employer l'équation (II_a) pour les petites vitesses; il faut, au moins pour les vitesses auxquelles correspond d'après (II_a) une intensité nulle, tenir compte du magnétisme rémanent que nous avons signalé au § 7 et qui résulte des aimantations précédentes du fer de l'électro-aimant.

En calculant nos équations fondamentales ci-dessus, nous avons déterminé le moment magnétique de l'électro-aimant fixe par la formule

$$M = \frac{Ai}{1 + \alpha i},$$

d'après laquelle M est petit lorsque i est petit, et qui donne $M = 0$ pour $i = 0$. Mais s'il existe un certain magnétisme dans le fer avant l'action du courant, il faut nécessairement tenir compte, dans le calcul, du magnétisme qui se développe en présence d'un faible courant. Il serait difficile d'établir la marche à suivre pour obtenir une grande exactitude, mais nous n'en avons pas besoin et nous pouvons nous contenter d'un calcul approximatif. Soit pour cela μ le moment supposé petit du ma-

gnétisme rémanent; nous calculerons d'abord la valeur i_1 de i, pour laquelle l'expression ci-dessus donne $M = \mu$. On a

$$\mu = \frac{Ai_1}{1 + \alpha i_1},$$

d'où

$$i_1 = \frac{\mu}{A - \alpha\mu}, \tag{42}$$

Nous admettrons ensuite que pour toutes les valeurs de i qui sont inférieures à i_1 c'est l'équation

$$M = \mu$$

et pour toutes les valeurs de i qui sont plus grandes que i_1 l'équation

$$M = \frac{Ai}{1 + \alpha i}$$

que l'on doit employer pour déterminer le moment magnétique M. Nous avons dès lors ce qu'il nous faut pour déterminer le courant pendant la mise en marche de la machine. Nous devons d'abord considérer celle-ci comme une machine *magnéto-électrique* dont l'aimant fixe a ce petit moment μ. Cette machine fonctionne aussi pour de petites vitesses et donne un courant qui croît en même temps que la vitesse, mais qui croît très lentement en raison de la petitesse de μ. Quand la vitesse est suffisante pour que l'intensité prenne la vitesse i_1, la machine fonctionnant comme machine *dynamo-électrique*, où l'électro-aimant fixe a aussi le moment μ, donne un courant de même intensité. A partir de cet instant, nous pouvons nous servir de l'équation (II_a) calculée pour une machine dynamo-électrique.

Reste à savoir quelle est la grandeur de la vitesse pour laquelle la machine fonctionnant comme dynamo-électrique donne la même intensité i_1 qu'une machine magnéto-électrique. Pour trouver cette valeur de v que nous appellerons v_1 nous n'avons qu'à remplacer i par i_1 dans l'équation (40). Nous désignerons en même temps par w_1 et w'_1 les valeurs correspondantes de w et w'. Nous trouvons ainsi :

$$i_1 = \frac{1}{2}(pw'_1 - a - b) + \frac{1}{2}\sqrt{pw'_1 + a - b)_2 + 4cw_1},$$

d'où résulte

$$(a + i_1)pw'_1 + ew_1 = (a + i_1)(b + i_1) \tag{43}$$

où il faut remplacer w'_1 et w_1 par leurs valeurs (33) et (38)

$$w_1 = \frac{v_1}{R + \rho v_1 + \sigma v_1^2} \quad w'_1 = \frac{v_1 = \frac{\lambda}{p} v_1^2}{R + \rho v_1 + \sigma v_1^2}$$

pour pouvoir déterminer v_1.

Nous nous bornerons à un calcul approximatif. Les termes affectés des facteurs très petits λ et σ ne deviennent un peu considérables que pour les grandes vitesses. Dans le cas que nous considérons nous pouvons sans hésitation les négliger. Alors nous posons

$$w'_1 = w_1 = \frac{v_1}{R + \rho v_1}$$

qui donne d'abord

$$\frac{v_1}{R + \rho v_1} = \frac{(a + i_1)(b + i_1)}{p(a + i_1) + c},$$

puis

$$v_1 = \frac{(a + i_1)(b + i_1)R}{p(a + i_1) + c - (a + i_1)(b + i_1)\rho}. \tag{44}$$

Dans les cas habituels de la pratique on peut pousser la simplification plus loin encore. En raison de la petitesse du moment μ du magnétisme rémanent, l'intensité i_1 est très faible par rapport à l'intensité du courant produit par la machine en pleine marche, et l'on néglige, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, les courants qui circulent aux petites vitesses et qui croissent très lentement jusqu'à l'intensité i_1. On admet que la production du courant ne commence que pour une certaine vitesse de rotation. Dans cette manière de considérer les choses, il faut donner à la vitesse en question la valeur v_0 qu'elle prend quand μ et i_1 tendent vers O. L'équation ci-dessus donne alors

$$v_0 = \frac{abR}{pa + c - ab\rho}, \tag{45}$$

ce qui peut s'écrire en tenant compte de (39)

$$v_0 = \frac{abR}{pb + q - ab\rho}, \tag{46}$$

v_0 ainsi déterminé représente le nombre de ce qu'on appelle les tours morts.

Je me réserve d'appliquer, dans un prochain mémoire, les équations fondamentales que j'ai établies dans ce travail, à l'étude de quelques autres questions. J'examinerai, en particulier, celles qui sont relatives au transport de la force par les machines dynamo-électriques.

R. Clausius.

LES

ACCUMULATEURS JARRIANT

En 1860, lorsque M. Gaston Planté imagina son accumulateur, l'électricité était encore presque en enfance et c'est seulement chez quelques savants que l'on aurait trouvé des idées justes sur les phénomènes dont l'explication nous paraît aujourd'hui toute naturelle.

Il n'y a donc rien d'étonnant qu'à cette époque

l'accumulateur n'ait pas reçu l'accueil qu'on lui ferait de nos jours.

Les savants y virent un instrument intéressant mais n'y pouvaient deviner un outil industriel puisqu'alors l'électricité était proclamée impuissante et bonne seulement à faire fonctionner des télégraphes et autres instruments de précision.

Mais à mesure que les idées s'élargirent, on demanda peu à peu aux accumulateurs des services encore tout à fait spéciaux qui cependant laissaient entrevoir ce que l'on pourrait en tirer un jour.

Enfin lorsque l'électricité fut vraiment entrée dans la pratique industrielle l'idée fut reprise; mais avec quel tapage! Nos lecteurs s'en souviennent certainement.

Ce fut d'abord un accumulateur mystérieux, ne coûtant presque rien et permettant une accumulation prodigieuse; puis il fallut bien reconnaître une certaine parenté entre le nouveau-né et l'enfant déjà adulte de M. Planté. Mais quelle différence! Quels perfectionnements accomplis d'une génération à l'autre! C'était la solution complète de toute la question électrique!

Malheureusement toutes ces belles promesses

FIG. 1.

s'évanouirent avec le mystère et bientôt il ne resta plus qu'un Sosie, mieux habillé suivant les uns, estropié suivant les autres, de l'accumulateur Planté, et encore Sosie bien difficilement viable malgré ses nombreux parrains.

Tout ce bruit cependant eut un bon résultat, ce fut de lancer les chercheurs sur une piste qui était bonne et qui pouvait conduire à d'importants résultats.

Aussi de tous côté surgit-il comme par enchantement des accumulateurs de toute forme et de toute couleur; plomb, zinc, cuivre, potassium, sodium, ammonium, etc., etc., furent tour à tour associés avec toutes les solutions possibles et l'on vit reparaître après un nouveau baptême tous les essais qui avaient été faits depuis vingt ans.

Aujourd'hui que l'enthousiasme est non pas éteint, mais devenu plus calme et plus réfléchi nous sommes forcés de reconnaître que nous n'avons pas fait de progrès bien sérieux; seulement nous connaissons mieux la question, nous comprenons mieux le rôle vraiment utile que peut jouer l'accumulateur et nous sommes par là même devenus moins exigeants pour lui; aussi nous ne lui demandons plus des merveilles mais seulement un service sûr et régulier et surtout une durée qui

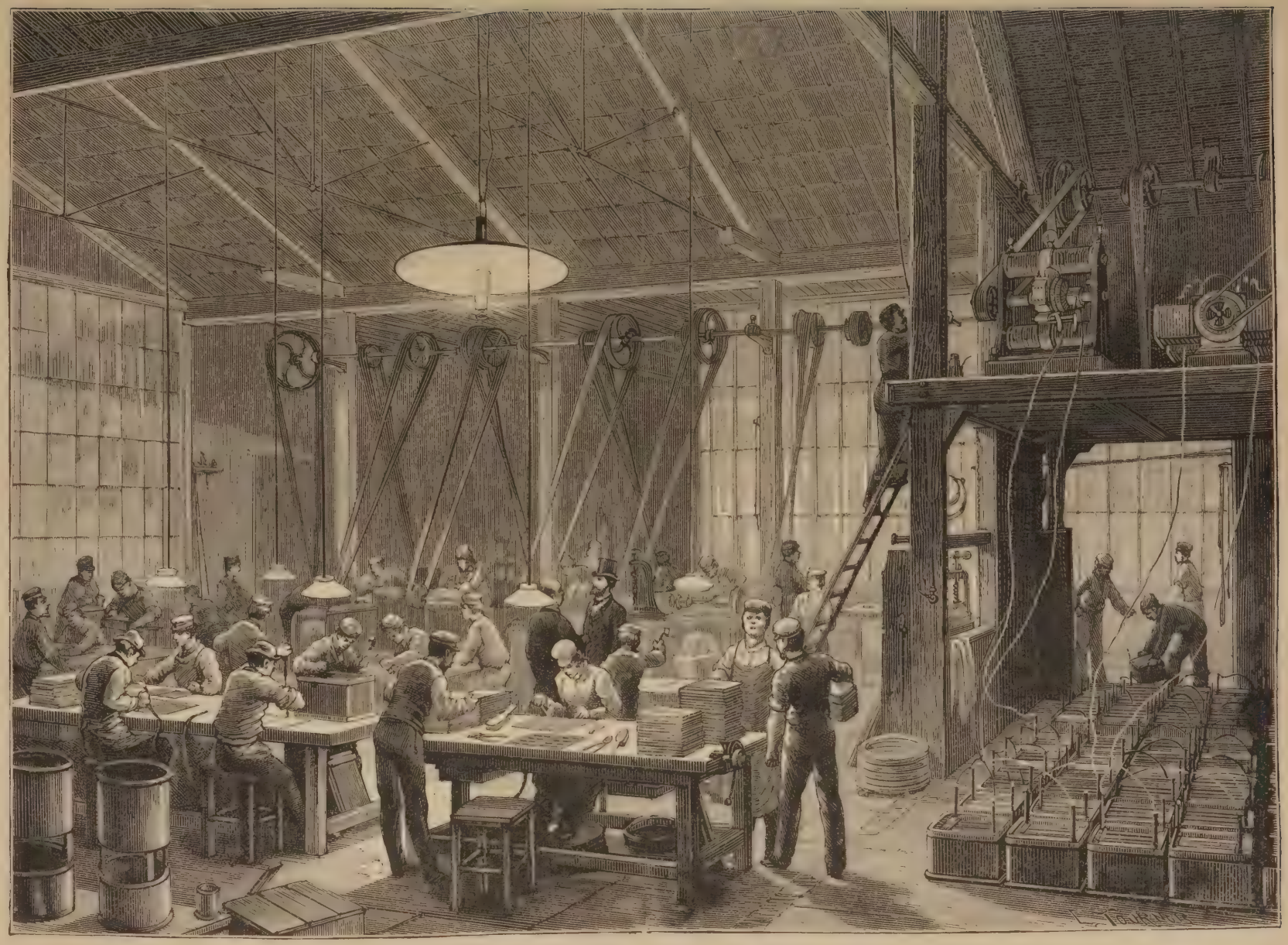


FIG. 2. — ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DE L'ATELIER JARRIANT

permette l'amortissement du capital nécessaire à l'installation.

C'est pour cela qu'un grand nombre de chercheurs sont revenus à l'étude de l'accumulateur Planté et cherchent simplement à remédier aux *desiderata* qu'il peut présenter au point de vue industriel; c'est-à-dire abréger autant que possible le temps nécessaire à la formation, et construire l'appareil de façon à lui assurer une durée suffisante.

Ce sont ces considérations qui nous paraissent avoir guidé M. Jarriant aîné, dans la fabrication de l'accumulateur qu'il livre au commerce; car il n'a pas cherché à faire œuvre d'inventeur, mais plutôt de bon constructeur.

Les éléments de son accumulateur sont de petites caisses plates d'environ 2 centimètres d'épaisseur, sur 25 de haut et 22 de large, formées par une feuille de plomb de 2 millimètres. Cette boîte est percée d'un grand nombre de petites fenêtres de 2 millimètres de large sur 3 centimètres de hauteur, de sorte qu'elle forme une sorte de cage dont l'intérieur est rempli par un mélange de plomb de chasse et de minium. Chaque accumulateur est constitué par six caisses semblables, trois positives et trois négatives, qui sont renfermées dans une boîte en bois doublée de plomb à l'intérieur. Les caisses sont séparées les unes des autres et de la boîte par de petites règles d'ébonite qui maintiennent toutes les pièces à leur place. La boîte est remplie d'eau acidulée et un couvercle hermétique peut lui être adapté si les appareils sont exposés à être soit transportés, soit placés sur une embarcation.

La petite quantité de minium qui est mélangée à la grenaille de plomb a principalement pour but de fournir sous l'action du courant un dépôt de plomb métallique qui soude ensemble la caisse et tous les grains de façon à former une masse continue comme conductibilité, quoique très divisée, pour favoriser la charge et d'une très grande surface pour augmenter l'emmagasinement. L'appareil complet avec son eau acidulée pèse environ 53 kilogrammes.

Comme on le voit, M. Jarriant n'a pas cherché à exagérer la légèreté de son appareil et il a eu raison; car souvent on oublie que la légèreté pour une grande accumulation est incompatible avec la solidité et la durée. En effet, depuis longtemps M. Planté a montré les changements que subissent peu à peu les lames de plomb sous l'action des charges et décharges successives, et si l'on considère une lame de plomb comme formée de deux couches ayant chacune des fonctions distinctes: la couche extérieure qui est le véritable accumulateur, et la couche intérieure qui constitue le système osseux de l'appareil, et en même temps le conducteur électrique. On voit que la formation ne peut augmenter la capacité d'emmagasinement qu'aux dépens de la solidité et de la conductibilité.

Si donc on cherche à obtenir trop de légèreté par l'emploi de lames minces, on aura un accumulateur dont la fragilité ira toujours en augmentant et qui sera détruit précisément quand sa formation permettrait de lui demander un service utile.

On pourrait peut-être concilier ces conditions opposées en employant des matières distinctes et convenables pour chacune des fonctions que doit remplir une lame; par exemple en la formant d'une lame de charbon recouverte d'une couche de plomb; mais les essais faits jusqu'ici dans ce sens, n'ont probablement pas été très heureux, puisqu'il n'en est rien resté d'industriel.

Nous n'avons pas eu occasion de vérifier les constantes de l'accumulateur de M. Jarriant, mais sa force électromotrice est évidemment celle du Planté, et sa résistance ne doit pas dépasser quelques centièmes d'ohm. Quant à la capacité, nous n'en dirons rien, car elle est évidemment très variable, suivant la formation, et l'on risque toujours d'être taxé d'exagération en donnant des nombres qui peuvent avoir été obtenus avec des appareils très anciens et qui ne s'appliqueraient plus à d'autres de formation moindre.

L'installation que M. Jarriant a faite dans ses ateliers, magasins et appartements, nous a paru bien réussie. Suivant les locaux et leur destination il a judicieusement employé tantôt des régulateurs, tantôt des lampes à incandescence, et enfin un mélange des deux modes d'éclairage.

Ainsi dans ses bureaux et dans l'atelier de construction et de formation des accumulateurs, l'éclairage général est obtenu avec un régulateur Siemens suspendu au milieu de chaque salle, tandis que des lampes à incandescence placées près de chaque employé lui assure une lumière plus que suffisante pour les travaux les plus délicats.

La figure 2 représente l'atelier du premier étage, dans lequel on voit les générateurs électriques: une machine Gramme et une machine Siemens; les accumulateurs en formation et enfin les différentes phases de la construction.

Notre figure 1 donne une idée du salon dont l'éclairage est particulièrement bien réussi. Un magnifique lustre en cristal portant 25 lampes Edison inonde la pièce d'une lumière absolument fixe et dont l'éclat semble encore augmenté par d'heureux contrastes produits entre la tapisserie blanche et les tentures et meubles en velours violet, coupé d'une large bande jaune brodée de couleurs très vives. L'effet est saisissant, surtout lorsque le constructeur, y mettant une certaine coquetterie, vous ouvre la porte de la pièce obscure et vous met instantanément en plein jour à l'aide du commutateur placé près de l'entrée.

L'installation complète de M. Jarriant comprend:

4 régulateurs Siemens et 100 lampes à incandescence, qui sont alimentées par 96 accumulateurs chargés pendant la journée.

M. Jarriant prépare en ce moment l'installation complète de l'éclairage des salles d'études du collège Sainte-Barbe, qui sera fait par 250 lampes Swan.

Le courant sera obtenu à l'aide d'une machine à vapeur de 20 chevaux actionnant des machines Gramme dont le courant sera emmagasiné toute la journée dans des batteries d'accumulateurs.

A propos de cette installation, M. Jarriant a été amené à faire une expérience qui ne manque pas d'intérêt, puisqu'elle donne quelques renseignements sur le camionage des accumulateurs. En effet, quelques salles du collège Sainte-Barbe n'ayant pas pour le moment d'installation d'éclairage, M. Jarriant envoie tous les jours un camion d'accumulateurs qui reviennent le soir après le service terminé. Par ce simple transport, qui est pour lui un accident et non un système préconisé, M. Jarriant a pu se convaincre des nombreux inconvénients que l'on rencontrerait si l'on voulait transformer ce cas particulier en système d'exploitation. Il a même observé ce fait en apparence contradictoire que les accumulateurs non entièrement formés complètent beaucoup plus rapidement leur formation lorsqu'ils subissent quelques transports. Cela tient évidemment à ce que les vibrations du transport brisent et fendillent la couche de peroxide, ce qui facilite l'augmentation de la couche ; mais il est évident que si ce fait se répétait souvent, il entraînerait sûrement la destruction de l'appareil.

A.-H. NOAILLON.

APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ

A LA MANŒUVRE DES

SIGNAUX DE CHEMINS DE FER

Deuxième Série

5e article. (*Voir les numéros des* 12 19 *et* 26 *janvier et du* 2 *février* 1884.)

DISQUES AMÉRICAINS

Pour ne rien omettre, il convient de rappeler les deux systèmes américains de disques à mouvement d'horlogerie, ceux de Rousseau et de l'Union Company, que nous avons décrits dans une série précédente d'articles, en traitant plus spécialement des contacts fixes.

Employés, en principe, pour la réalisation du Block-system automatique, ces signaux peuvent aussi bien servir de disques ordinaires et être manœuvrés par des courants émis à l'aide de manipulateurs.

Nous avons vu que ces signaux présentaient tous les caractères des disques électriques que nous venons de passer en revue, et qu'ils n'en diffèrent que par des détails de construction qui constituent précisément l'originalité du brevet.

Nous renvoyons donc le lecteur à la description sommaire que nous avons donnée de ces deux disques.

4° *Appareils à action directe*

SYSTÈME POPE ET HENDRICKSON

La Compagnie des signaux électriques pour chemins de fer, à New-York, construit, d'après les

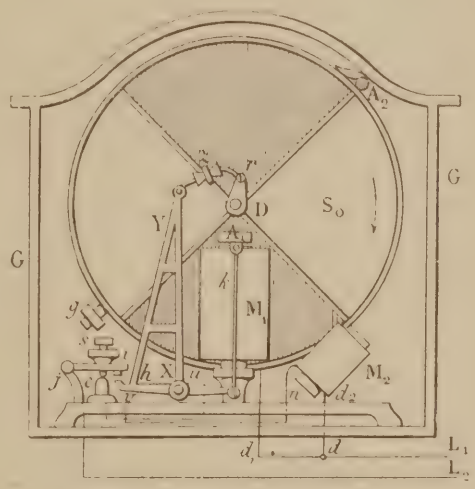


FIG. 62. — SIGNAL POPE ET HENDRICKSON

brevets de MM. Pope et Hendrickson, un signal à distance, applicable à la protection des gares et stations, des ponts tournants, des tunnels, des bifurcations et autres croisements de lignes à niveau.

Ce signal se compose d'un disque en damier S_0 (fig. 62) mobile autour de l'axe D monté à la partie supérieure d'une haute colonne à l'intérieur d'une boîte G percée de deux ouvertures vitrées, devant lesquelles viennent apparaître les secteurs symétriques du disque mobile, peints de couleurs très tranchantes, comme le rouge et le blanc, par exemple.

En temps normal, et sous l'action du contrepoids *g*, le disque est orienté de manière que les cases rouges qui signifient *danger*, viennent apparaître devant les ouvertures de la boîte fixe.

Le signal de *voie libre* est, au contraire, donné par un courant constant, qui parcourt la ligne L_1, entre dans l'appareil par le support *j* et le levier de

contact i, de là par la vis S et la borne c dans l'électro-aimant M_1 dont l'armature A_1 est attirée.

Ce mouvement se communique par la bielle K, au balancier X qui commande, par l'intermédiaire des pièces articulées y et z et de la manivelle r, l'axe D du disque S_0. Ce dernier fait une révolution de 90° et l'appareil passe à voie libre.

Dans ce mouvement l'armature A_2 vient en contact avec les pôles de l'électro-aimant M_2 et le bras h du balancier X relève le levier de contact i, en éloignant la vis de la borne c de sorte que la communication est interrompue avec l'électro-aimant M_1, tandis qu'elle est, au contraire établie, par le chemin $j\,i\,v\,n$ avec l'électro-aimant M_2 qui maintient alors l'armature A_2.

Quand le courant cesse, M_2 lâche A_2 et le contrepoids g ramène le disque au rouge et toutes les pièces à l'état normal indiqué à la figure 62.

Lorsqu'on doit faire usage d'un répétiteur à la station, on intercale un relais M_3 (fig. 63), et au levier d'armature h_3 on ajoute un levier h_4 mobile autour de X_4, que la tension du ressort f_4 tient or-

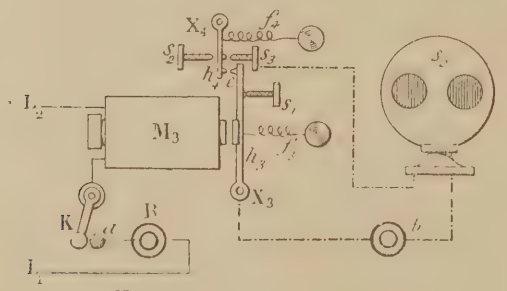


FIG. 63. — RELAIS POPE ET HENDRICKSON

dinairement appliqué contre la vis s_2, tandis que le ressort f_3 applique le levier h_3 contre la vis s_1. De plus, la garniture de l'électro-aimant M_2 (fig. 62) est en fil bien plus fin que celle de l'électro-aimant M_1. Il en résulte que la puissance du courant dans la batterie B décroît considérablement, quand, au moment où le disque achève son oscillation, M_2 se trouve inséré dans la ligne L_1, L_2, à la place de M_1, alors les ressorts f_3 et f_4 réunis surmontent la puissance de ce courant, h_4 vient buter contre s_3, mais la pointe $e\,h_3$ s'éloigne de h_4, le circuit de la pile locale b est interrompu et le petit répétiteur S_0 se met à fonctionner.

Une batterie de 10 à 12 éléments suffit pour manœuvrer le signal à une distance de 1,600^{m}.

Le fonctionnement de l'appareil n'est influencé que d'une manière passagère par l'électricité atmosphérique, car si la ligne est libre, un courant passager ne peut entraîner la mise à voie libre du disque que pendant un temps très court. De même si une décharge affaiblit le circuit, pendant que le signal est à voie libre, le signal ne reste à l'arrêt que jusqu'à ce que le circuit soit rétabli comme avant l'interruption momentanée.

Il paraîtrait toutefois que ce système n'a pas donné les résultats les plus satisfaisants, car il aurait été récemment remplacé par un autre appareil dans lequel l'électricité n'intervient plus que pour déclencher un poids moteur, exactement comme dans les disques du premier groupe, que nous avons précédemment passés en revue.

APPAREIL LARTIGUE

Parmi les appareils électriques qui ont plutôt le caractère de signaux de correspondance que celui de véritables disques, il y a lieu de mentionner un signal installé et existant encore à la gare de Fives,

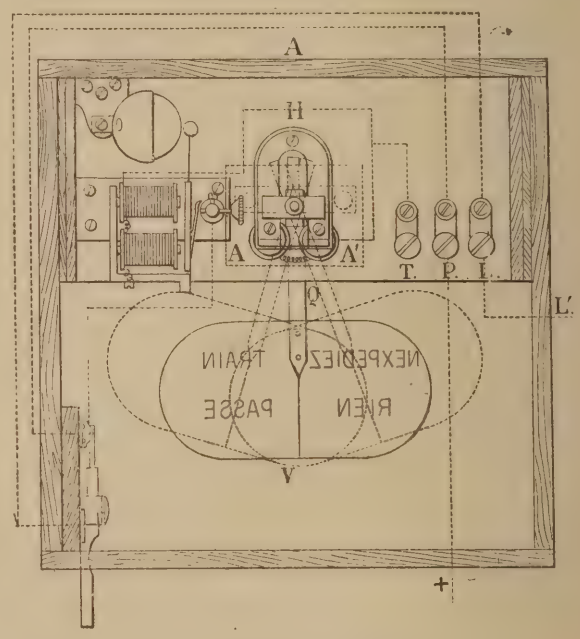


FIG. 64. — APPAREIL LARTIGUE

pour mettre en relation deux postes d'aiguilleurs et pour permettre à l'un d'indiquer à l'autre si la voie est ou n'est pas occupée. Établi dans ces conditions, l'appareil n'a évidemment que des dimensions très restreintes et comporte l'emploi d'un voyant léger qui peut osciller sans difficulté entre les branches d'un fort aimant Hughes.

Le récepteur représenté à la figure 64, se compose d'une boîte en bois A de forme rectangulaire, munie de volets en tôle; à l'intérieur de cette boîte peut osciller un voyant V oblong et portant les deux inscriptions « n'expédiez rien » et « train passé » qui viennent se présenter devant un guichet central circulaire, suivant que le levier Q vient appliquer ses armatures de fer doux l'une contre l'autre des bobines AA' de l'aimant Hughes en fer à cheval H.

Ces deux bobines sont reliées ensemble, mais symétriquement, de manière qu'un courant venant de la ligne L les traverse à la fois, mais en sens inverse, et diminue la force de l'une, tandis qu'il augmente la force de l'autre. Le levier *l* est alors abandonné par la bobine qui le retenait et attiré au contraire par l'autre bobine contre laquelle son armature vient se coller.

Le manipulateur (fig. 65) est un simple commutateur à touche demi-circulaire au bas duquel est fixé un voyant portant les mots « voie fermée » et sortant, par une fente, de la boîte, quand le commutateur occupe la position qui correspond à l'émission des courants nécessaires pour faire apparaître dans ce récepteur, l'avis « n'expédiez rien ». Dans chacun des deux appareils est une

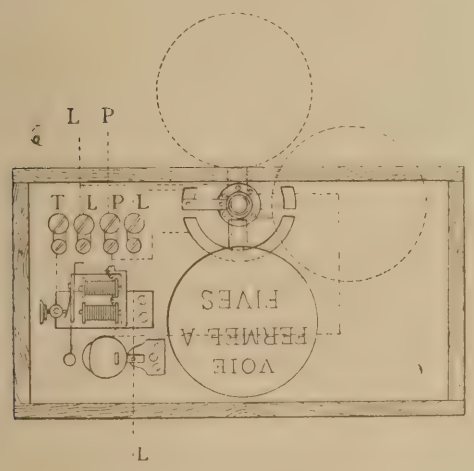


FIG. 65. — MANIPULATEUR

sonnerie qui fonctionne chaque fois que l'appareil passe d'une position à l'autre.

La marche de cet appareil n'est pas très régulière, la puissance des électro-aimants est variable, et il peut arriver que si l'on ne les règle pas bien, le voyant reste indécis entre les deux bobines, sans aucune des deux indications qui apparaissent lorsque son oscillation est complète. L'essai qui en a été fait, ne paraît donc pas devoir se généraliser.

DISQUE A PENDULE DE RIKLI

Ce système est une des rares tentatives qui aient été faites, malheureusement sans succès, pour appliquer à un véritable disque l'action directe de l'électricité, au lieu du déclenchement d'un mouvement d'horlogerie.

Le voyant D du signal (fig. 66), éclairé par une lanterne L pendant la nuit, est monté sur un axe *d* qui porte une douille Z à laquelle s'accroche un crochet *y*. Ce dernier est monté sur la tige E d'un pendule dont la boule G oscille entre les armatures *a* et *b* de deux électro-aimants C. La lentille pèse 120 kil., et elle est guidée par une coulisse H qui la force à osciller toujours dans le même plan. Les bras de levier qui établissent la communication et la transformation du mouvement, sont calculés de manière que l'amplitude d'une oscillation de pendule fasse tourner l'axe du disque d'un angle de 90°.

La manœuvre de cet appareil exige l'emploi de deux fils télégraphiques, et d'un manipulateur dont

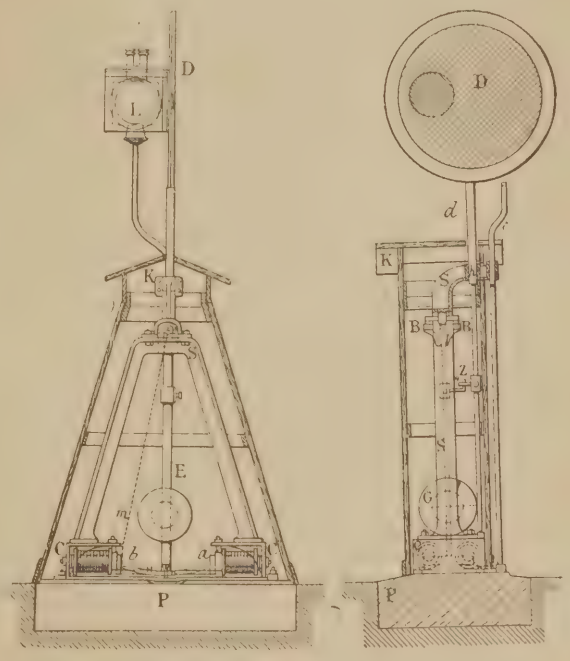


FIG. 66

les deux leviers sont reliés de telle sorte que l'un s'élève quand l'autre s'abaisse. De cette manière, le courant ne traverse jamais qu'un seul électro-aimant et il les traverse alternativement, le pendule va, par suite se coller d'une bobine à l'autre. Un système de déclic adapté à chaque extrémité de la coulisse H à des armatures supplémentaires, assure le calage du pendule dans chacune de ses positions.

En réalité, ce système a rencontré, dans la pratique, des inconvénients plus sérieux que ceux qu'il s'agissait d'éviter, il n'a donc pas été appliqué autrement qu'à titre d'essai.

5° *Conclusions.*

L'étude que nous venons de terminer fait ressortir d'une manière encore plus nette que nous

ne l'avons exprimé au début, dans des considérations générales, que le véritable disque électrique n'est pas encore inventé. Les seuls systèmes que l'on ait pu appliquer d'une manière courante, et qui aient donné des résultats satisfaisants sont ceux dans lesquels l'électricité n'agit que d'une façon indirecte, puisque la force de la nature à laquelle on fait appel pour manœuvrer le signal est la pesanteur.

Dans ces conditions, l'avantage réalisé par l'emploi de l'électricité a une importance beaucoup moindre; car, tandis qu'on introduit des organes électriques, c'est-à-dire une cause nouvelle de dérangements, on ne s'affranchit pas des chances d'un mauvais fonctionnement provenant du poids moteur ou du ressort, soit qu'il arrive à bout de course, soit qu'il se détraque, soit qu'on oublie de le remonter, soit enfin que les engrenages multiples et délicats auxquels on est obligé d'avoir recours exigent un entretien aussi minutieux que celui des organes électriques.

En définitive, on se trouve n'avoir bénéficié que de la suppression des transmissions par fils : c'est évidemment quelque chose, surtout dans quelques circonstances exceptionnelles où il est impossible de compter sur leur bon fonctionnement; mais ce n'est pas assez dans la plupart des cas ordinaires, où l'on est suffisamment armé contre les quelques inconvénients que comporte l'usage des fils de fer.

On comprend aisément que l'introduction des nouveaux systèmes de signaux manœuvrés électriquement et leur généralisation n'aient pas rencontré partout la même faveur : on y regarde à deux fois, quand il s'agit de faire une coûteuse substitution d'appareils pour un avantage assez mince et d'ailleurs contesté.

Que les électriciens se hâtent donc de chercher la solution d'un problème qui se pose dans les conditions suivantes et d'ailleurs très simples : actionner *directement*, au moyen de l'électricité, un appareil robuste et capable de faire tourner alternativement, d'un angle de 90°, une plaque circulaire en tôle, d'un diamètre de 1 mètre à $1^m,20$, ou de faire osciller, dans un plan vertical une aile équilibrée, d'une longueur de $1^m,50$ à 2 mètres.

L'ingénieur qui résoudra la question posée dans ces termes, peut être assuré de recevoir de la plupart des Compagnies de chemins de fer un accueil bien différent de celui qu'on réserve habituellement à une foule d'inventeurs dénués de programme.

M. Cossmann.

UN POINT
DE
L'HISTOIRE DE LA TÉLÉGRAPHIE

LES TRAVAUX DE FRANCISCO SALVA

Sur l'application du galvanisme à la télégraphie.

Le mémoire précédent terminé le 19 février fut envoyé à cette Académie le même jour, à cause d'une grave maladie dont je souffrais à cette époque et qui m'empêchait de le présenter moi-même. Depuis ma guérison, j'ai souvent médité sur le galvanisme et sur la manière de l'appliquer à la télégraphie.

Après avoir bien étudié le sujet ainsi que les détails de construction de mon télégraphe électrique, que j'ai expliqué dans la séance du 5 décembre 1795, en donnant communication de ma manière d'appliquer l'électricité à la télégraphie, il me restait encore deux points à éclaircir pour obtenir le même résultat par le galvanisme : 1° si l'arc conducteur de celui-ci pourrait aller aussi loin que l'électricité d'une bouteille de Leyde, et 2° s'il serait possible, dans une corde composée de 10 ou plusieurs fils de faire passer le galvanisme par le fil qui indiquait un certain numéro ou une lettre, ainsi que je l'avais fait par l'électricité.

Dès que ma santé me le permit, je fis suspendre d'abord 3 et ensuite 4 livres de fil dans mon jardin. J'attachai les bouts à des isolateurs en verre couverts d'une couche de cire à cacheter et je les touchai avec la jambe et la cuisse d'une grenouille étendue sur une petite plaque.

Les convulsions se produisaient immédiatement chaque fois que je répétais l expérience, ce qui fut fait à différentes heures pendant plusieurs jours, et pour plus de précaution le domestique tendait un bout du fil avec la plaque portant la cuisse et moi l'autre avec le nerf, et les convulsions se produisaient immédiatement à l'instant du contact, j'ai même obtenu ce résultat avec une grenouille morte et écorchée depuis deux heures, mais non galvanisée auparavant.

Je désire ici faire remarquer que quand la grenouille ne se contractait plus en touchant la petite plaque portant le nerf avec un morceau de fil, et la petite plaque avec la cuisse ou même la partie musculaire de la chair avec un autre petit bout de fil dans la main droite, je trouvais tout de même des contractions quand ces parties furent touchées par les bouts des 4 livres de fil; cela démontrait que la matière galvanique franchissait avec plus de facilité tout ce chemin que le petit arc fermé par mes bras et mon corps et que le fil métallique était sans le moindre doute le meilleur conducteur des deux. J'eus soin de couper le fil et de tenir

les bouts séparés et j'observai que dans ce cas les convulsions cessaient, mais bien que ces expériences parussent ne laisser aucun doute sur le fait du passage du fluide galvanique en un instant le long des 4 livres de fil, j'en doutais néanmoins et par les raisons que je vais donner. Dans le chapitre III de son remarquable ouvrage le baron Humboldt parle des mouvements convulsifs excités par les métaux homogènes sans une chaîne complète ou arc conducteurs et qui vont des nerfs aux muscles ou *vice versa* rien qu'en touchant la plaque correspondante. Rien que mes nombreuses expériences sur ce sujet n'aient pas confirmé ces observations, un fait positif et bien établi comme celui cité et observé par ledit Humboldt vaut mieux, ainsi qu'il le dit lui-même, que des milliers de faits négatifs. Nous voyons donc que sans compléter la chaîne galvanique les grenouilles sont néanmoins contractées et si je ne l'ai pas vu de la manière que Humboldt le décrit je l'ai observé sous une autre forme bien contraire à l'application du galvanisme à la télégraphie et bien faite pour éveiller les doutes dont je parlais tout à l'heure. Cette force galvanique existe dans les grenouilles à un plus haut degré que leur sensibilité au fluide électrique et de cette façon ce dernier étant supprimé nous les voyons convulsées par l'autre comme dans les premières expériences.

Nous pouvons donc en conclure ce que personne jusqu'à présent ne soupçonnait qu'avec l'arc ininterrompu ou avec le circuit complet, c'est le galvanisme qui est cause des convulsions tandis que c'est l'électricité qui agit dans le cas de l'arc divisé ou du circuit incomplet.

Le galvanisme peut donc être envoyé à une assez grande distance et maintenant qu'il est prouvé qu'il peut traverser 200 mètres en un instant sans perdre sa force d'autres trouveront peut-être qu'il peut franchir des lieues comme les Anglais l'ont prouvé pour l'électricité à l'aide de la bouteille de Leyde.

Vous me direz qu'il est impossible qu'un corps aussi petit que les jambes d'une grenouille puisse faire sentir son influence à une distance de plusieurs lieues comme la jarre de Leyde dans les expériences anglaises, mais avons-nous la conviction que le galvanisme franchit seulement 200 mètres ?

D'autre part qui peut nous garantir que c'est l'impulsion communiquée au galvanisme par les grenouilles et non l'attraction des fils qui lui fait traverser une si grande distance ? Plusieurs raisons me font incliner vers cette dernière solution de la question, mais j'ai déjà trop occupé votre temps pour pouvoir développer ces raisons et je me bornerai à dire qu'il n'y a dans cette dernière supposition rien de contraire à l'idée du galvanisme s'étendant sur plusieurs lieues de fil.

Nous verrons bientôt si nous pouvons le faire passer exactement par les fils nécessaires à son application à la télégraphie et c'est là le second point qu'il me reste à terminer.

Je viens d'achever de démontrer qu'en couvrant les piles de papier, je puis les protéger contre l'électricité atmosphérique qui m'empêchait de faire naître des convulsions au moment, et de la manière qu'il me les fallait pour m'en servir comme signaux télégraphiqnes, mais en dehors de cet effet, le papier servait également à régler la marche du fluide galvanique. Il suffit d'une seule feuille de papier entre les petites plaques avec les nerfs en muscle et l'arc conducteur pour empêcher les convulsions, même si le conducteur est pressé fortement contre les petites plaques. La propriété galvanique ne passera donc pas d'un fil couvert de papier à un autre, de sorte qu'aucune convulsion ne se produise même en touchant la petite plaque aux nerfs avec un bout du fil ainsi couvert, et la cuisse de la grenouille avec l'autre, absolument comme il est impossible de décharger la jarre de Leyde par ces mêmes fils.

On peut ainsi construire un télégraphe galvanique de la même manière qu'un télégraphe électrique, ceci pourtant vous est bien connu, et ce serait perdre du temps d'en parler, bien qu'une petite variation de peu d'importance soit nécessaire. Je me bornerai donc à montrer les avantages d'un système sur l'autre, dans le cas où on pourrait envoyer le fluide galvanique aussi loin que l'électricité.

Maintenant les avantages auxquels j'ai fait allusion sont, que le télégraphe galvanique est plus simple que le télégraphe électrique, de même que ses signaux sont plus sensibles. Tous les deux demandent le même arrangement des fils, mais pour le télégraphe électrique il faut des machines électriques bien montées, des bouteilles de Leyde de grandes dimensions et beaucoup de temps pour les charger surtout par des conditions atmosphériques défavorables comme cela arrive souvent, auquel cas le telégraphe électrique se trouve parfois aussi inutile que le télégraphe optique par un temps de brouillard.

Par contre, le télégraphe galvanique peut être employé par tous les temps et à toute heure, parce que les grenouilles bien préparées seront toujours en état d'être galvanisées. J'ai vu que le galvanisme possède la même force par un temps humide et pluvieux que dans une atmosphère froide et sèche qui est la meilleure pour l'électricité. Les grenouilles sont des animaux de peu de valeur, on peut les garder vivantes pendant plusieurs mois dans un bassin ou réservoir quelconque, de sorte que bien qu'il soit nécessaire de les changer toutes les deux heures, les frais seraient insignifiants et le travail peu considérable. C'est un

fait que certain physiciens se sont occupés de galvaniser aussi bien l'homme que les animaux vivants, et il sera peut-être possible de trouver un animal plus avantageux pour le télégraphe que la grenouille. Les savants travaillent constamment à réduire les signaux du télégraphe optique, ce qui ne peut que servir au télégraphe galvanique, puisque les recherches tendent à diminuer le nombre de fils employés.

Le télégraphe (optique) qu'on construit en ce moment de Madrid à Cadix, n'opère qu'avec 9 sisignaux, ce qui correspond à une corde de 9 fils qu'on pourrait encore réduire à 2 s'il faut ajouter foi à la note parue dans notre gazette, n° 31, de cette année, disant qu'à Paris le citoyen Bosisi a inventé un télégraphe qui, avec deux signaux, reproduit 79,625 combinaisons le rendant possible avec 175 phrases de transmettre toute espèce d'information et de communiquer un discours de Paris à Lyon en 5 ou 6 minutes.

Sans doute les systèmes sténographiques et paragraphiques contribueront beaucoup à la diminution du nombre des signaux et ainsi tous ceux qui s'occupent de littérature peuvent s'entr'aider à l'avancement de leurs entreprises respectives.

Il me suffit de vous avoir communiqué mes découvertes et expériences sur ce sujet et laissant leur réalisation à d'autres mains plus habiles que les miennes, je finirai avec le vœu du sage.

Serint arbores quæ alteri sæculo prosint...

Dr Francisco Salva.

14 mai 1800. (*A suivre*).

REVUE DE L'EXPOSITION DE VIENNE

LES APPAREILS DE MESURES

Ampéremètres et voltmètres industriels.

Nous l'avons dit dans notre dernier article, les appareils de mesure étaient fort bien représentés à l'Exposition de Vienne. L'attention des constructeurs semblait s'être portée surtout sur les ampéremètres et voltmètres destinés à être employés dans la pratique des applications industrielles de l'électricité.

Celui de ces appareils que l'on retrouvait le plus fréquemment dans les différentes expositions était celui de M. Marcel Deprez, bien connu des lecteurs de *La Lumière Electrique*. L'appareil original a été indiqué dans le n° du 1er février 1880, les modifications successives apportées par l'auteur ont été décrites dans les nos des 30 avril 1881 et 4 février 1882. Ces dernières construites, soit par M. Carpentier, soit par la maison Briquet, soit enfin par quelques constructeurs allemands, figuraient à l'Exposition, mais on remarquait en outre dans la vitrine de M. Carpentier, un modèle fort pratique de cet appareil désigné sous le nom de galvanomètre Deprez-Carpentier et qui n'a pas encore été mentionné dans nos colonnes.

Ce type est représenté par les figures 1 et 2. La figure 1 en donne l'aspect extérieur, la figure 2 suppose le fond de la boîte enlevé et le cadran retourné en dessous.

Le champ magnétique est formé par deux aimants demi-circulaires F F′ bien semblables et

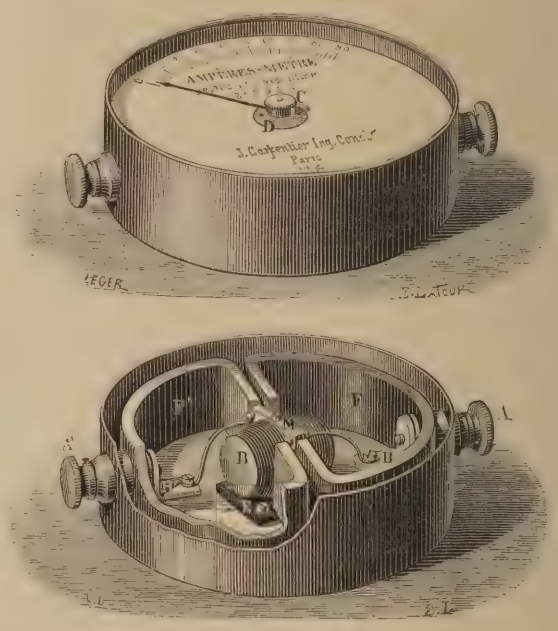


FIG. 1 ET 2

dont l'identité a été vérifiée au moyen d'un magnétomètre. L'aiguille de fer doux, mobile autour d'un axe M, est placée entre ces deux pôles à l'intérieur d'une double bobine B et commande un index. Les fils ou lames qui relient les bobines aux bornes A et A′ ont une certaine longueur, de manière à permettre de tourner la double bobine et de lui faire faire différents angles avec la ligne des pôles. Ce mouvement, qui se fait lors du réglage de l'appareil par le constructeur, est obtenu en faisant tourner à l'aide d'une clef à goupilles toute la plaque supérieure du galvanomètre fixée seulement à frottement dur dans la boîte.

M. Carpentier a bien voulu nous communiquer sur la construction et la graduation de ces appareils quelques renseignements intéressants.

Pour les ampèremètres, les bobines sont formées de lames de cuivre rouge de 10 millimètres

de largeur. L'épaisseur varie suivant les appareils. Pour trente ampères, par exemple, l'épaisseur est de $\frac{8}{10}$ de millimètres, pour 50 ampères, de $\frac{13}{10}$. Cela fait pour les premiers une section de 8 millimètres et pour les seconds 13 millimètres carrés. Il passe donc au plus 4 ampères par millimètre carré de section. Il y a en tout pour les deux bobines, 18

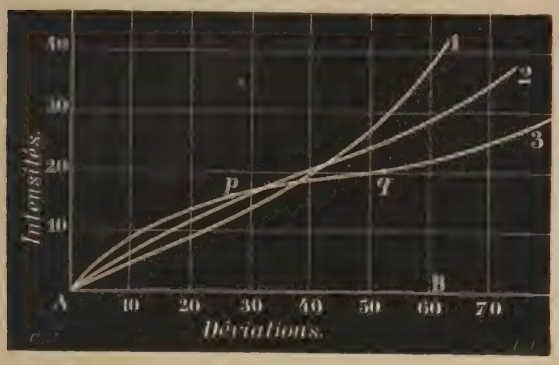


FIG. 3

tours de lame pour les premiers et 14 tours pour les seconds.

Pour 80 ampères, la résistance est d'environ $\frac{4}{1\,000}$ d'ohm, pour 50 ampères $\frac{2}{1\,000}$.

Les épaisseurs des lames pour les autres modeles sont proportionnées de la même manière,

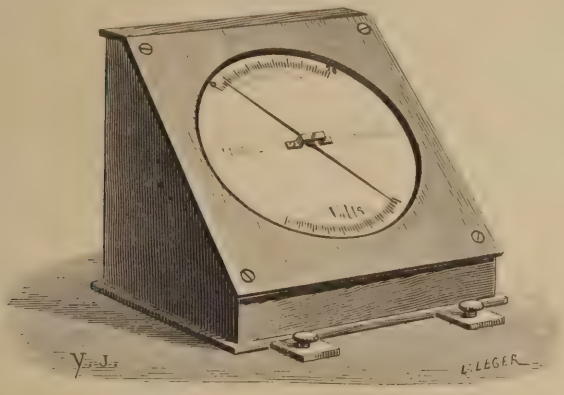


FIG. 4

dans certains cas on arrive à ne faire passer que 2 ampères par millimètre carré pour des courants de 100 ampères.

Pour la graduation, chaque modèle d'ampèremètre est soumis, pour différentes inclinaisons de la bobine, à des courants d'intensités croissantes et connues, on note les déviations correspondantes, et on trace, pour chaque cas, la courbe des intensités correspondant aux déviations on obtient par exemple des courbes comme celles que représente la figure 3.

La courbe n° 1 correspond à la bobine sans inclinaison, la courbe n° 2 à la bobine, inclinée par exemple de 10°, la courbe n° 3 se rapporte à une inclinaison plus forte, disons 20°. L'inclinaison infléchit la courbe et donne de la sensibilité à l'appareil.

On cherche alors pour quelle inclinaison la

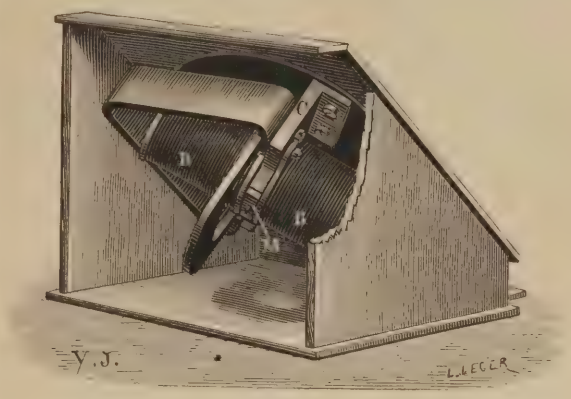


FIG. 5

courbe se rapproche le plus de la ligne droite dans les limites de la déviation (de A à B) et on choisit comme définitive l'inclinaison correspondant à cette courbe. Ainsi dans les courbes ci-dessus, on

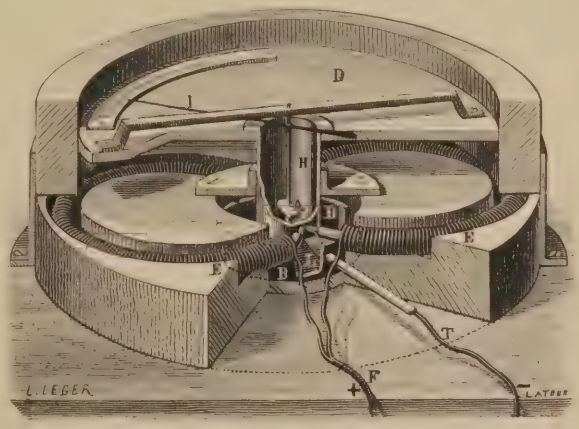


FIG. 6

prendrait la courbe n° 2, on inclinerait les bobines de 10°, et en traçant dans l'angle de 60° qui correspond à 30 ampères la division en ampères, on aurait des traits assez régulièrement espacés. Il est facile de se rendre compte qu'avec la courbe n° 1, les 60° correspondraient à 38 ampères, mais les traits se tasseraient beaucoup du côté des fortes intensités. Avec la courbe n° 3 l'arc ne correspondrait au contraire qu'à 22 ampères et les traits, légèrement tassés à l'origine de la graduation

s'écarteraient plus qu'il n'est nécessaire à l'autre extrémité.

En général, les inclinaisons des bobines varient de 15 à 20° pour les différents modèles. Il ne faut pas trop incliner la bobine, ainsi en considérant la courbe 3, on voit que entre *p* et *q*, elle se rapproche trop de l'horizontale ; les indications de l'aiguille ne seraient pas bien fixes.

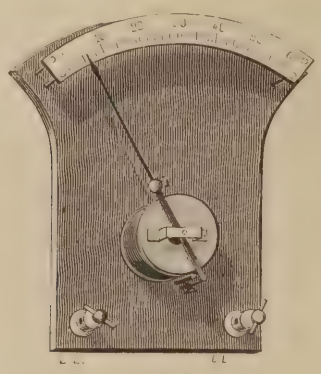


FIG. 7

L'inclinaison à donner à la bobine une fois déterminée, on fait le tarage du galvanomètre, pour cela on y fait passer encore des courants d'intensités connues, on lit sur un cadran mobile les divisions en degrés correspondant à ces intensités, et l'on trace exactement la courbe de l'appareil comme ci-dessus.

Cette courbe, portée sur une machine à diviser

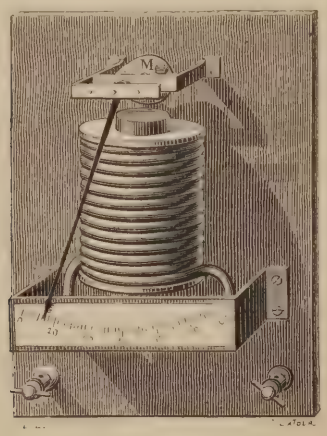


FIG. 8

spéciale, permet de tracer sur papier le cadran destiné à l'ampèremètre. Ce cadran une fois mis en place, de façon que son zéro corresponde bien à la position de repos de l'index, est fixé par un écrou plat D.

Les voltmètres sont embobinés en fil de cuivre rouge de $\frac{1}{10}$; ils ont une résistance variant de 1 500 à 2 000 ohms et vont jusqu'à 100 volts. L'intensité maximum qui les traverse est donc $\frac{1}{20}$ d'ampère.

M. Carpentier ajoute à ses ampèremètres des

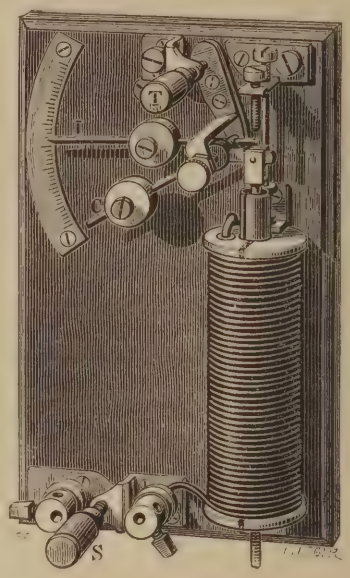


FIG. 9

bobines de dérivation auxquelles il donne le nom de *réducteurs*, expression assez heureuse et qui

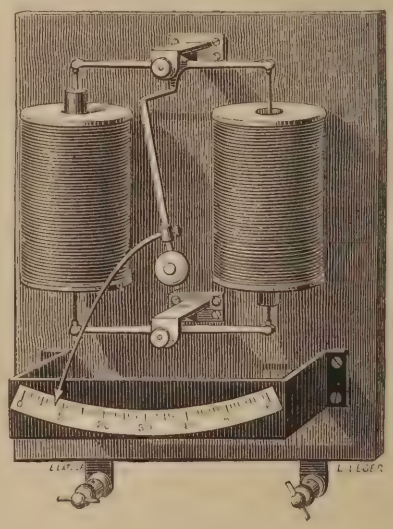


FIG. 10

remplace avantageusement le mot *shunt* emprunté à l'anglais. Ces réducteurs se présentent sous forme de boîtes en cuivre semblables à l'appareil lui-même, on les place au-dessous de l'ampèremètre et on relie parallèlement les bornes des deux appareils. Chaque réducteur ne contient qu'une seule

résistance, égale à celle du galvanomètre ou moitié moins grande. Il faut dire cependant que, comme les ampèremètres eux-mêmes ont une très faible résistance, il est très difficile de régler exactement les réducteurs et leur emploi n'est pas à conseiller.

Il en est autrement pour les voltmètres dont la résistance est très grande; la boîte du réducteur est, dans ce cas, construite de façon que sa résistance s'ajoute en série à celle du galvanomètre.

Les figures 4 et 5 représentent un autre type de galvanomètre Deprez qui figurait à Vienne dans l'exposition de M. Fein, de Stuttgard. La figure 4 montre la forme générale de l'appareil disposé en pupitre, la figure 5 présente l'intérieur. Le champ magnétique est constitué par 2 aimants situés dans des plans différents. L'aiguille de fer doux qui a son axe en M est comprise entre les deux bobines BB. L'appareil n'est, on le voit, qu'une modification du précédent.

Au même principe des aimants directeurs se rattachent encore les ampèremètres de MM. Kapp et Crompton (fig. 6). Un petit aimant A conduisant l'index I est placé entre les pôles de deux électro-aimants courbes E E. Le courant traverse une lame L faisant partie d'une sorte de boîte BB. Il arrive, par exemple, en F, traverse en dérivation les deux électros, parcourt la lame L et sort en T. Il produit donc lui-même le champ magnétique direc-

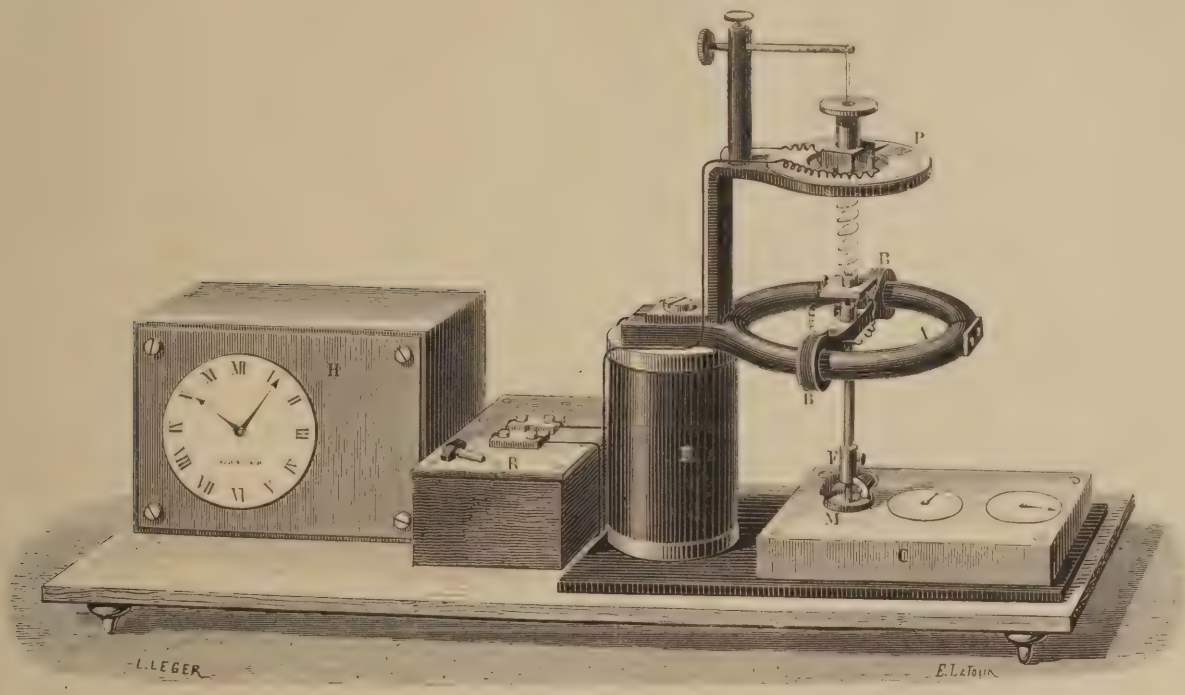


FIG. 11

teur. La partie supérieure de l'appareil, y compris la petite boîte H qui contient l'aimant directeur peut s'enlever d'une pièce et cela permet de vérifier les communications intérieures.

Nous arrivons maintenant à une série d'appareils basés sur différents principes. Citons d'abord celui de MM. Egger et Kremenesky (fig. 7) formé par un électro-aimant dont les pôles épanouis forment les joues mêmes. Dans l'intérieur de cet électro est un ressort à boudin qui maintient au zéro de l'échelle un index terminé à sa partie inférieure par un petit aimant à peu près aussi long que l'électro et pouvant par suite être influencé par ses deux pôles circulaires; l'axe de rotation du système mobile est un peu excentré de sorte que le passage dans l'électro de courants de plus en plus forts produit des déviations croissantes de l'aiguille. L'appareil est gradué expérimentalement, suivant la résistance donnée à l'électro, il constitue un ampèremètre ou un voltmètre.

Les ampèremètres et voltmètres de M. Uppenborn sont basés sur l'action exercée par un simple électro-aimant sur une sorte d'excentrique en fer M fixée sur le même axe que l'index. Cette excentrique est équilibrée de manière qu'au repos, l'index se trouve au zéro et sous l'influence de courants de plus en plus forts, l'attraction de plus en plus grande de l'électro sur l'excentrique détermine des déviations croissantes de l'index.

La graduation se fait empiriquement. La figure 8 représente l'ampèremètre ; pour le voltmètre, la construction est la même en principe, mais l'ap-

pareil comprend en outre deux bobines de résistance destinées à modifier sa portée.

Nous arrivons enfin à des appareils reposant sur l'action d'un solénoïde sur un noyau de fer doux. L'un de ces appareils, dû à M. Clerc, se trouvait dans l'Exposition de la Lampe-Soleil. Il est représenté figure 9, et le jeu en est très facile à saisir : sur un axe horizontal sont fixés d'une part un levier court portant le noyau du solénoïde, d'autre part, l'index I muni d'un contrepoids et une tige C portant également un contrepoids. Les contrepoids sont réglés de façon que quand aucun courant ne traverse l'appareil, l'index corresponde au zéro de l'échelle.

Comme l'action du solénoïde à mesure que le noyau s'enfonce, ne varie pas comme l'intensité, on compense cette variation à l'aide de la tige inclinée C à contrepoids réglable, à mesure que cette tige s'élève, le bras de levier sur lequel agit le contrepoids varie également et compense la variation de l'action magnétique, de sorte que les indications de l'aiguille I deviennent sensiblement proportionnelles aux intensités. S et T sont des clefs à vis destinées à ouvrir et fermer le circuit.

Une autre application du solénoïde est la disposition qu'avaient combinée MM. Piette et Krizik (fig. 10). Deux solénoïdes égaux agissaient inversement sur deux noyaux qui formaient les deux côtés d'un parallélogramme mobile sur deux axes. A l'axe supérieur était fixée une tige oblique portant un contrepoids et l'index. La position oblique donnée à la tige et le contrepoids qu'elle portait jouaient le même rôle que la tige oblique et le second contrepoids de l'appareil précédent.

On voit qu'un grand nombre de dispositions diverses ont été appliquées à la construction des voltmètres et ampèremètres Nous ferons d'ailleurs remarquer que toutes les actions électromagnétiques et électrodynamiques peuvent servir de base à ces appareils et dans ces conditions leur variété est presque infinie.

Mesureurs d'énergie

Les mesureurs d'énergie sont toujours ramenés aujourd'hui à des appareils donnant le produit EI. Deux de ces appareils exposés, l'un par Sir William Siemens, l'autre par la maison Siemens et Halske se trouvaient à l'Exposition de Vienne. Le premier a été étudié dans le dernier numéro de *La Lumière Electrique*, nous n'avons donc aujourd'hui à nous occuper que du second que représente la figure 11.

Sur le courant dont on veut mesurer l'énergie est mis en dérivation un électro E à fil fin dont le noyau A se trouve aimanté proportionnellement à la différence de potentiel E. D'autre part, dans le courant principal est intercalée une résistance en fil métallique, dont les extrémités communiquent avec deux bobines BB formant une sorte de lunette mobile autour de A. Le courant y est amené par deux spirales qui servent, en outre, à donner à la lunette une position de zéro déterminée. Le courant dans cette lunette est donc fonction de l'intensité I. Quand le courant passe en E et en BB, le couple produit est proportionnel à EI, et la lunette est déviée jusqu'à ce que les ressorts en spirales lui opposent un couple de torsion égal à celui qui produit la déviation.

Maintenant une horloge H fait passer le courant dans l'appareil toutes les minutes, la lunette est déviée et en même temps son axe F est pris par l'embrayage M qui commande un compteur de tours.

Ce dernier donne donc la somme des déviations de la lunette et si l'on admet que le courant est constant pendant chaque période de 1 minute, il s'ensuit que ce compteur totalise l'énergie dépensée.

Pour les diverses intensités du circuit principal, on fait varier les résistances introduites dans le circuit. La résistance contenue dans la boîte R s'ajoute à celle de la bobine E, lorsqu'on a affaire à des différences de potentiels de 100 à 1 000 volts.

Le compteur est gradué en chevaux-heure : une division correspond à 0,1 cheval-heure, de sorte que si le compteur marque au bout d'un temps donné 42 divisions, cette indication représente 4,2 chevaux-heure.

(A suivre). AUG. GUEROUT.

REVUE DES TRAVAUX
RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Sur la répulsion de deux parties consécutives d'un même courant, par M. Izarn (1).

« L'expérience classique instituée par Ampère pour constater cette répulsion est ordinairement considérée comme peu démonstrative, parce que le petit équipage contient forcément, outre les deux parties horizontales qui flottent sur le mercure, d'autres parties faisant un angle avec elles. Mais personne, je crois, n'a encore fait observer que si l'on retourne l'équipage de façon que le courant qui traverse le mercure soit obligé de revenir sur ses pas pour parcourir ces parties horizontales, celles-ci doivent être attirées au contraire, les effets sur les autres restant de même sens que dans le premier cas. Or, si l'on fait l'ex

(1) Note présentée à l'Académie des sciences, dans la séance du 21 janvier 1884.

périence, on remarque que, pour une certaine direction du courant dans le fil horizontal, c'est bien en effet ce qui arrive, tandis que pour la direction opposée il y a répulsion. Cette direction favorable est justement est-ouest si la cuve est orientée nord-sud. Il y a donc là une complication à laquelle il ne me paraît pas qu'on ait songé : c'est l'action du courant terrestre. Mais, s'il en est ainsi, rien n'est plus facile que de construire un système complètement astatique, l'équipage ordinaire ne l'étant que pour toutes les parties qui ne sont pas horizontales. Il suffit, pour cela, de rapprocher deux cuves pareilles et d'employer deux équipages identiques, parcourus en sens inverse par le même courant et solidaires l'un de l'autre. Avec cette disposition nouvelle, la complication disparaît et le mouvement attractif se produit nettement, quoique peu énergique, quelle que soit la direction du courant employé. L'expérience d'Ampère démontre donc bien ce qu'elle a la prétention de démontrer, puisqu'ici les actions sur les parties faisant un angle avec le courant fixe sont de sens contraire à celles qu'il s'agit d'observer. D'ailleurs, si on la répète avec une cuvée orientée comme il vient d'être dit, on reconnaît que la répulsion est bien plus vive lorsque le courant marche est-ouest dans la portion horizontale, la terre ajoutant son effet à celui que produit le courant lui-même.

« Il n'est peut-être pas inutile de remarquer que toutes les expériences relatives à l'action des courants, de la terre et des aimants sur les courants peuvent être répétées ainsi sur de petits équipages flottants que chacun peut facilement imaginer et construire lui-même, et même avec de simples aiguilles à coudre, posées à angle droit sur la cloison qui divise la cuve en deux autres, en ayant soin de faire monter les niveaux du liquide au-dessus du bord de cette cloison en profitant de l'action capillaire. Seulement, il est souvent indispensable de disposer de petits crins ou de petits rails très légers pour guider l'équipage et l'empêcher d'aller se coller sur les bords, entraîné par la capillarité.

« Il y a une autre précaution tout aussi importante à observer si l'on veut réussir à coup sûr toutes ces petites expériences : elle consiste à ne verser le mercure, dont on ne peut employer du reste que de très petites quantités, qu'au moment même de l'opération, en le faisant rapidement écouler d'un entonnoir que l'on a incomplètement bouché avec le doigt, et arrêtant l'écoulement avant que tout le liquide ait passé. Il suffit souvent de quelques minutes d'attente pour que le mercure se soit recouvert d'une couche infiniment mince d'oxyde, invisible, mais qui modifie énormément la tension superficielle, et qui se dissout probablement dans la masse si on la verse dans l'entonnoir pour remplir de nouveau la cuve. »

Sur la conductibilité des dissolutions salines très étendues, par M. E. Bouty [1].

« La conductibilité électrique des sels dissous dans l'eau varie avec la concentration d'une manière extrêmement complexe et différente d'un sel à un autre. On ne possède à cet égard ni loi générale ni formule empirique d'une application quelque peu étendue. On conçoit *a priori* que cette conductibilité dépend à la fois de la nature chimique du sel, des hydrates qu'il est susceptible de former et de leur stabilité : l'expérience établit aussi qu'elle n'est pas sans relations avec quelques-unes des propriétés physiques de la dissolution, en particulier avec son degré de viscosité. Mais la part de ces diverses circonstances n'a pu être faite jusqu'ici.

« Il m'a paru qu'il y avait lieu de simplifier d'abord le problème en ne considérant que des dissolutions de propriétés physiques identiques. J'ai donc pris des dissolutions tellement étendues que leur densité et leur viscosité se confondent avec celle de l'eau pure : leur conductibilité électrique est encore relativement énorme par rapport à celle de l'eau et se mesure aisément par une méthode électrométrique dérivée de celle de M. Lippmann [2].

« En opérant ainsi, je n'ai pas tardé à reconnaître que la conductibilité des sels est liée à leur composition chimique par des lois d'une extrême simplicité. Je ne m'occuperai ici que des sels neutres.

« Soient p le poids de sel contenu dans l'unité de poids de la dissolution, e l'équivalent chimique, c la conductibilité d'un cylindre liquide de longueur et de section égales à l'unité. Il y a pour chaque sel une valeur p_1 de p au-dessous de laquelle la conductibilité varie proportionnellement au poids du sel dissous; si l'on compare alors les conductibilités des divers sels entre elles, on reconnaît qu'elles sont en raison inverse de l'équivalent, et l'on peut écrire

$$c = k\frac{p}{e}. \tag{1}$$

Le coefficient k *est le même pour tous les sels neutres que j'ai étudiés.*

« Puisons dans la formule (1) $p = e$, c'est-à-dire considérons des dissolutions qui contiennent, sous le même volume, un équivalent des différents sels, c'est-à-dire le même nombre de molécules : la conductibilité c est la même pour tous. *La conductibilité moléculaire de tous les sels neutres est la même.*

« Pour les sels qui cristallisent anhydres, il est en général facile d'atteindre un degré de dilution

[1] Note présentée à l'Académie des sciences, dans la séance du 21 janvier 1884.

[2] Lippmann, *Comptes rendus*, t. LXXXIII, p. 192; 1876.

tel que la loi se vérifie exactement $\left(\frac{1}{1\,000}\text{ à }\frac{1}{4\,000}\right)$; mais, pour les sels hydratés, il faudrait aller bien au-dessous de ces limites, et les nombres que je publie prouvent seulement que leur conductibilité se rapproche de plus en plus d'obéir à la loi à mesure que la dilution augmente.

« Les expériences ont été faites en comparant les résistances de dissolutions contenant $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{1\,000}$, $\frac{1}{4\,000}$ de sel dissous aux résistances de dissolutions de chlorure de potassium de concentration identique. Le rapport de ces résistances, variable avec la dilution, doit, à la limite, se confondre avec le rapport ρ des équivalents. Les deux tableaux ci-joints permettent de se rendre compte du degré d'exactitude de cette loi.

SELS ANHYDRES

FORMULE DU SEL	ÉQUIVALENT	VALEURS DE r POUR DES CONCENTRATIONS DE $\frac{1}{20}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{1\,000}$	$\frac{1}{4\,000}$	ρ
AzH^4Cl	53,5	0,743	0,730	0,724	»	0,718
KCl	74,5	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
AzH^4O, AzO^5	80	1,203	1,134	1,156	1,133	1,074
KO, SO^3	87	1,507	1,338	1,257	1,182	1,169
KO, CrO^3	98	1,473	1,375	1,312	»	1,304
KO, AzO^5	101	1,555	1,431	1,371	»	1,356
KBr	119	1,472	1,536	1,531	»	1,597
KO, ClO^5	122,5	»	1,717	1,649	»	1,649
KO, ClO^7	138,5	»	1,898	1,867	»	1,859
AgO, SO^3	156	»	»	2,131	1,981	2,094
PbO, AzO^5	165,5	3,721	2,834	2,530	2 212	2,221
KI	166	2,132	2,202	2,108	»	2,233
AgO, AzO^5	170	5,865	2,480	2,480	2,149	2,281

SELS HYDRATÉS OU FORMANT AVEC L'EAU DES COMBINAISONS DÉFINIES

FORMULE DU SEL	ÉQUIVALENT	VALEURS DE r POUR DES CONCENTRATIONS DE $\frac{1}{20}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{1\,000}$	$\frac{1}{2\,000}$	$\frac{1}{4\,000}$	ρ
$CaCl$ (1)	55,5	1,071	0,998	0,932	»	0,880	0,745
KFl (1)	58	»	0,999	0,959	»	0,942	0,778
$MnCl+4HO$	99	2,070	1,868	1,673	»	1,567	1,329
$MgCl+6HO$	101,5	1,824	1,645	1,541	»	1,492	1,362
$BaCl+2HO$	122	2,114	1,857	1,772	»	1,558	1 638
CuO, SO^3+5HO	124,75	5,241	3,703	2,664	»	2,194	1,674
NaO, CO^2+10HO	143	3.531	2,735	2,461	»	2,324	1,919
ZnO, SO^3+7HO	144	5,650	3,715	»	2,429	2,358	1,932
CuO, AzO^5+6HO	147,75	2,924	2,541	2.486	»	2,251	1,983
ZnO, AzO^5+6HO	149	2,842	2,569	2,533	»	2,345	2,000
CdO, AzO^5+4HO	155	3.144	2,796	2,701	»	2,559	2,081
NaO, SO^3+10HO	161	3,556	2,876	»	2,578	»	2,161

« Les acides et les bases hydratées, les sels acides des acides polybasiques se comportent d'une manière particulière. Leur étude fera l'objet d'une prochaine communication. Je me propose de continuer ce travail, et d'étudier en particulier l'influence de la nature du dissolvant, celle de la température, etc., à l'occasion de la lecture de cette note. »

(1) Ces deux sels ont été pesés à l'état anhydre.

A l'occasion de la lecture de cette note, M. Berthelot insiste sur l'importance des résultats obtenus par M. Bouty. D'après le nouvelle qu'il fait connaître, la résistance électrique dans les solutions très étendues est déterminée par l'équivalent chimique des corps et non par leur poids atomique : c'est ce qui ressort des nombres obtenus avec l'azotate de plomb, comparé avec les azotates de potasse et d'argent, par exemple. Cette relation semble avoir quelque lien avec la loi de Faraday, qui porte également sur les poids équivalents et

non sur les poids atomiques. Les poids équivalents sont donc la base des lois électrochimiques, de même que de la plupart des lois physiques où interviennent les masses relatives des corps Toutes ces lois deviennent plus obscures et plus compliquées lorsqu'on les exprime au moyen de poids atomiques.

Sur une méthode pratique pour la comparaison photométrique des sources usuelles diversement colorées, par M. J. Macé de Lépinay (1).

« Le problème dont je me suis proposé de donner une solution pratique est l'un de ceux qui ont été posés par le Congrès international des électriciens (2).

« La comparaison photométrique directe de deux sources diversement colorées est toujours possible (3). Elle est même relativement facile dans le cas des sources usuelles, dont les colorations ne sont jamais extrêmement différentes. Mais, même dans ce cas, elle exige une certaine habitude, une certaine éducation de l'œil : c'est là un grave inconvénient, que je me suis proposé de faire disparaître.

« Je m'appuie à cet effet sur la loi suivante, énoncée par Becquerel (4) et qui a servi de point de départ à M. Crova dans ses recherches sur la mesure optique des hautes températures (5) :

« *Quand des corps de même température et de pouvoirs émissifs différents sont placés dans une enceinte obscure, ils émettent des lumières d'intensités très différentes, mais de même composition.*

« Cette loi, ainsi que M. Crova l'a fait remarquer, est directement applicable aux sources lumineuses usuelles, qui, toutes, sont constituées par des particules solides rendues incandescentes par la haute température à laquelle elles sont portées.

« Soit dès lors I l'intensité (6) de l'une de ces sources, déduite de sa comparaison directe avec l'étalon Carcel. Désignons, d'autre part, par R l'intensité, mesurée au spectrophotomètre, de l'une de ses radiations rouges, de longueur d'onde déterminée, rapportée à celle de la radiation de même espèce de l'étalon Carcel, et par V l'intensité, définie de même, de l'une de ses radiations vertes. Si l'on substitue à cette première source une autre de même température, les trois quantités I, V et R resteront proportionnelles, et par suite, pour toutes ces sources, les deux rapports $\frac{I}{R}$ et $\frac{V}{R}$ conserveront les mêmes valeurs.

« Si nous imaginons, d'autre part, que la température de la source étudiée vienne à varier d'une manière continue, il en sera de même de la composition de la radiation qu'elle émet, et, par suite, les deux rapports $\frac{I}{R}$ et $\frac{V}{R}$ varieront d'une manière continue. On est donc en droit de poser

$$\frac{I}{R} = f\left(\frac{V}{R}\right). \tag{1}$$

« Supposons dès lors que, par un nombre suffisant d'expériences, on soit parvenu à déterminer la nature de cette fonction, $f\left(\frac{V}{R}\right)$: il suffira, pour pouvoir calculer au moyen de l'équation (1) l'intensité d'une source usuelle quelconque, de mesurer R et V :

« *Il est donc possible de substituer à la mesure directe de l'intensité d'une source deux mesures d'intensités de radiations de même espèce.*

« Sous la forme indiquée, toutefois, la solution du problème ne serait pas encore pratique, car elle nécessiterait l'emploi, toujours délicat, d'un spectrophotomètre. Mais l'exactitude du raisonnement subsiste tout entière si nous substituons aux mesures relatives, comme on l'a supposé à des radiations de longueur d'onde déterminées, dans le rouge et dans le vert, des mesures effectuées au moyen du photomètre Foucault, en observant les ombres au travers de deux dissolutions, l'une rouge, l'autre verte, à la condition : 1° qu'elles soient toujours employées dans le même état de concentration et sous la même épaisseur; 2° qu'elles fournissent des radiations sensiblement simples, de telle sorte que, dans tous les cas (par exemple celui de la radiation solaire comparée à l'étalon Carcel), les deux surfaces comparées soient de même coloration.

« Les dissolutions qui m'ont paru remplir le mieux les conditions énoncées sont : une dissolution de perchlorure de fer pur, dans l'eau, à 38° B., et une dissolution de chlorure de nickel pur, dans l'eau, à 18° B. (1).

« En vue de déterminer par l'expérience la fonction $f\left(\frac{V}{R}\right)$, qui figure dans l'équation (1), on a effectué 52 mesures, en comparant successivement à l'étalon Carcel une lampe modérateur à cheminée

(1) Note présentée à l'Académie des sciences dans la séance du 17 décembre 1883.

(2) *Comptes rendus des séances du Congrès*, p. 150.

(3) Voir *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XXIV, 1881, et t. XXX, 1883; *Journal de Physique*, 2e série, t. II, p. 64, 1883.

(4) *La Lumière*, t. I, p. 78.

(5) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XIX, 1880.

(6) On est en droit d'employer l'expression d'*intensité*, car je me suis assuré à plusieurs reprises que l'intensité du phénomène de Purkinje (*Journal de Physique*, *loc. cit.*) est nulle ou du moins inappréciable, même dans le cas le plus défavorable, de la radiation solaire comparée à l'étalon Carcel.

(1) Une erreur de 1° ou 2° B. en plus ou en moins sur le degré de concentration de l'une ou de l'autre de ces dissolutions n'a aucune influence appréciable.

droite, une lampe modérateur à cheminée coudée, une lampe à pétrole, la lumière Drummond, et enfin la lumière solaire, diffusée par un écran blanchi au sulfate de baryte. Ces dernières expériences ont été effectuées au voisinage du solstice d'été [1].

« Ne pouvant entrer ici dans le détail, ni des expériences, ni des calculs (effectués par la méthode des moindres carrés), je me contenterai d'indiquer la formule suivante, qui résume l'ensemble de toutes ces mesures :

$$\frac{R}{I} - 1 = 0{,}208\left(1 - \frac{V}{R}\right).$$

« C'est au moyen de cette formule qu'a été calculé le tableau numérique suivant, parfaitement suffisant pour toutes les applications :

$\frac{V}{R}$	$\frac{I}{R}$	$\frac{V}{R}$	$\frac{I}{R}$
0,8	0,96	2,0	1,26
1,0	1,00	2,2	1,33
1,2	1,04	2,4	1,41
1,4	1,09	2,6	1,50
1,6	1,14	2,8	1,60
1,8	1,20		

« Pour montrer le degré d'exactitude que comporte la méthode proposée, je citerai tout d'abord les résultats d'une expérience de vérification, faite sur une lampe à incandescence de Schwann, de 12 volts ($i = 0^{amp},95$); on a trouvé $V = 0{,}167$ et $R = 0{,}184$. On en déduit, pour $\frac{V}{R} = 0{,}908$, $\frac{I}{R} = 0{,}98$, et, par suite, $I = 0{,}180$: l'expérience directe a donné $I = 0{,}182$. Citons encore les résultats obtenus dans l'une des expériences, prise au hasard, relatives à la lumière Drummond. On a trouvé $V = 6{,}59$ et $R = 5{,}04$, d'où $\frac{V}{R} = 1{,}31$, et, par suite, $\frac{I}{R} = 1{,}07$ et $I = 5{,}39$. La mesure directe a donné $I = 5{,}43$. Les divergences, dans d'autres expériences, ont parfois été plus considérables, mais, même dans le cas du Soleil, elles n'ont jamais dépassé $\frac{1}{50}$. »

Une expérience intéressante de M. A. Von Waltenhofen sur les piles thermo-électriques Noé-Rebicek de l'Exposition de Vienne [2].

Si l'on fait passer pendant quelques minutes, à travers une pile thermo-électrique un courant continu engendré par une source quelconque d'électricité et que l'on vienne ensuite supprimer cette dernière source, la pile thermo-électrique devient elle-même le siège d'une force électromotrice. Ce phénomène est connu de tout le monde; il a été observé pour la première fois par Peltier, aussi peut-on donner le nom de courants de Peltier à ces courants de décharge en appelant courants de charge ceux qui proviennent d'une source extérieure.

L'expérience est facile à réaliser dans la pratique en faisant usage d'un commutateur qui permet de fermer le circuit de la pile thermo-électrique, tantôt sur un générateur d'électricité, et tantôt sur un galvanomètre servant à mesurer l'intensité des courants de Peltier. On emploie de préférence comme

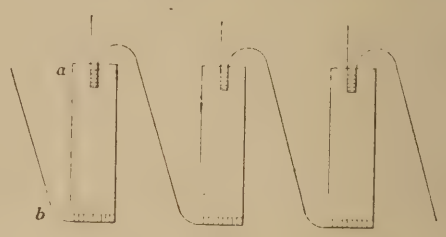


FIG. 1

générateur un système de piles hydro-électriques.

M. le Dr A. Von Waltenhofen s'est livré à une série d'expériences sur les piles thermo-électriques de Noé en faisant varier constamment l'intensité du courant de charge, et il a pu constater que les courants de Peltier obéissaient à des lois différentes, lorsque le sens du courant de charge à travers la pile thermo-électrique venait à changer.

Si nous considérons trois éléments de pile

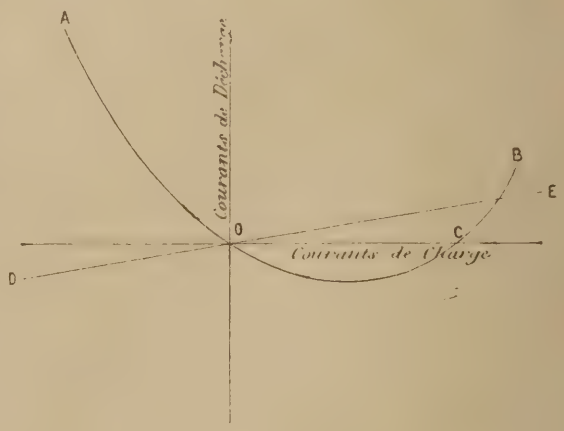


FIG. 2

(fig. 1), *a* étant les soudures impaires et *b* les soudures paires, les parties cylindriques représentent, comme on sait, les éléments positifs de la pile, et les fils, les éléments négatifs : les métaux employés sont dans le même ordre, un alliage à base d'antimoine et du maillechort.

On peut désigner sous le nom de courants négatifs les courants de source extérieure qui à travers la soudure *a* passent du métal positif au métal négatif et de courants positifs ceux qui ont une direction opposée.

[1] Toutes ces expériences ont été faites en partant du principe des clartés égales (ombres de même clarté). Je me propose de les reprendre en prenant pour point de départ le principe des acuités visuelles égales. (Voir *Journal de Physique, loc. cit.*)

[2] *Zeitschrift des Elektrotechischen Vereines in Wien.*

Dans ces conditions, en traçant une courbe dans laquelle l'intensité du courant de charge est prise pour abscisse, et celle du courant la décharge pour ordonnée, on reconnaît que cette courbe affecte l'allure représentée dans la figure 2. Pour des courants de charge négatifs, les courants de Peltier sont positifs et augmentent d'intensité en même temps que les premiers : la courbe OA s'éloigne de l'axe des x à mesure qu'on s'écarte de l'origine. Si au contraire, on emploie des courants de charge positifs, un phénomène intéressant se produit : la courbe des intensités OB passe d'abord par un maximum négatif, s'annule pour une valeur déterminée OC du premier courant et change de signe pour croître ensuite avec ce même courant.

Dans ses expériences, M. le Dr A. Von Waltenhofen s'est servi d'une pile de Noé a 20 éléments groupés en cercle, et de courants extérieurs dont l'intensité variait de 1,6 à 7,7 ampères. Dans le cas de la courbe OB, le point de passage C a lieu pour une intensité de courant de charge comprise entre 6 et 7 ampères, et le maximum négatif pour lequel le courant de Peltier a une force électromotrice de 0,039 volts correspond à un courant extérieur de 3 ampères. La courbe AO est très régulière : la force électromotrice maxima répondant à une charge de 7,7 ampères et de 1,39 volts.

En appelant σ l'intensité du courant de Peltier, et s celle du courant de charge, et en ne tenant pas compte du signe de s, c'est-à-dire de la direction de ce dernier courant on trouve comme expressions analytiques des courbes OA et OB les formules

$$\sigma = +\alpha s + \beta s^2,$$
$$\sigma = -\alpha s + \beta s^2,$$

dans lesquelles α et β sont des coefficients.

Il ne faut pas croire que le même fait se produise pour une pile thermo-électrique quelconque, pour la pile bismuth-antimoine par exemple, dont les deux soudures sont identiques, car il repose précisément sur la différence de propriétés de ces mêmes soudures.

C'est le cas de la pile de Noé : il est évident que les soudures impaires n'offrent pas au passage du courant la même résistance que les soudures paires. La résistance au point a où le fil de maillechort se soude près de la goupille de cuivre qui sert en temps ordinaire à chauffer cette soudure, est plus grande qu'au point b où le fil est en contact avec la section droite du cylindre métallique. Ces considérations ont amené M. le Dr A. Von Waltenhofen à rechercher l'influence de la différence de résistance des soudures sur la loi des courants de décharge. Cette loi était connue jusqu'à présent pour la pile ordinaire bismuth-antimoine seule et avait pour expression

$$\sigma = \pm \alpha s,$$

ce qui est l'équation d'une droite DE. Elle ne serait suivant l'auteur qu'un cas particulier de la formule plus générale

$$\sigma = +\alpha s + \beta s^2 \qquad (1)$$

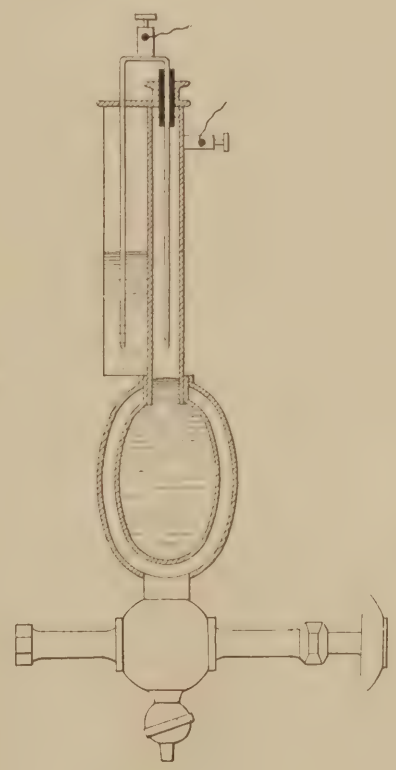
dans laquelle la valeur du coefficient β est proportionnelle à la différence $\gamma_1 - \gamma_2$ en désignant par γ_1 et γ_2 les résistances de deux soudures consécutives. Pour la pile bismuth-antimoine, le coefficient β s'annule puisque l'on a

$$\gamma_1 = \gamma_2,$$

tandis que pour la pile de Noé l'équation (1) garde sa forme générale, de telle sorte que l'on constate d'une façon très nette le phénomène intéressant de l'inversion des courants de Peltier.

Avertisseur électrique pour chaudières à vapeur.

Cette disposition est destinée à être employée comme indicateur de niveau d'eau dans les chaudières à vapeur. L'appareil que nous trouvons



décrit dans le *Scientific American* consiste en un réservoir de mercure renfermé dans un globe qui forme une chambre autour du réservoir de mercure, comme on le voit sur le dessin ci-joint qui représente une section verticale de l'appareil attachée à un côté d'une chaudière.

La chambre communique avec l'intérieur de la

chaudière par le tube à robinet auquel le globe est attaché. La partie supérieure du tube est fermée par une plaque avec un écrou traversé par le bras isolé d'une baguette courbée. La matière isolante de ce bras a un pas de vis dans le même sens que celui de l'écrou, de sorte qu'on peut en tournant ce dernier faire monter ou descendre la baguette courbée, pour que l'alarme soit donnée à la température voulue.

L'autre bras de la baguette, qui est de la même longueur que le premier, descend en face d'une plaque graduée attachée au tube en forme de thermomètre et sert ainsi d'indicateur pour ajuster la baguette selon les degrés marqués sur la plaque. Deux bornes relient la double tige et le tube à mercure à une pile et une sonnerie.

Quand l'eau de la chaudière est au-dessus du niveau minimum, la vapeur ne pourra entrer à cause de l'eau qui arrive dans la chambre par le tube, et le mercure du réservoir aura la même température que l'eau et restera dans le tube un peu au-dessous du bout inférieur de la baguette. Quand l'eau de la chaudière tombe au-dessous du niveau, la vapeur pénètrera dans la chambre où, par sa température plus élevée que celle de l'eau, elle fera monter le mercure dans le tube jusqu'à toucher le bout du bras, le circuit électrique est alors complet et la sonnerie marche.

CORRESPONDANCE

Grands Magasins du Printemps.

Paris, le 29 janvier 1884.

Monsieur le Directeur,

J'ai lu avec intérêt l'article que vous avez publié dans le numéro de *La Lumière Electrique* du 26 janvier, sur l'éclairage du Printemps. Permettez-moi de relever plusieurs petites erreurs qui s'y sont glissées.

Les deux Corliss de *120* chevaux *ne sont pas accouplées* sur l'arbre moteur, mais complètement indépendantes; ce qui est un inconvénient au point de vue de la régularité, mais un avantage en cas d'accident en marche à l'une des machines, car la moitié de l'installation seulement se trouvera arrêtée.

Même il eût été très mauvais de les accoupler, car tous les foyers ne s'allument pas au même instant et ne s'éteignent pas à la même heure.

Les auto-excitatrices ne *font pas indifféremment* 5 bougies ou 32 lampes par circuit; les machines à lampes sont spéciales, ont du fil plus gros aux bobines induites, et ne tournent pas à la même vitesse.

Quant à la force absorbée, elle est *peut-être* de 220 chevaux, mais jusqu'à ce jour, nous n'avons pas fait d'expériences permettant d'affirmer ce résultat.

Le nombre de lampes Edison est seulement de 25 par lustre et non de 30, comme il est dit dans l'article de M. Clemenceau, où il fait une critique justifiée de cet emploi de lampes à incandescence.

Veuillez agréer, etc.

L'Ingénieur,
JUPPART.

FAITS DIVERS

On vient d'installer à Bâle une fabrique d'horloges électriques qui occupe soixante ouvriers.

Sur le cap Saint-Antoine, au nord de la baie de Tavea, dans la province d'Alicante, va être établie une station électro-sémaphorique.

Selon *La Nature*, la Banque des Pays-Autrichiens vient de signer un traité avec la maison Siemens et Halske pour la construction et l'exploitation d'une série de chemins de fer électriques d'intérêt local.

On établira en premier lieu les lignes viennoises pour lesquelles la maison a obtenu une concession provisoire. En attendant, deux millions cinq cent mille florins sont affectés aux travaux, les deux tiers de cette somme étant fournis par la Banque, et le reste par MM. Siemens et Halske. Le coût du réseau entier est estimé à 7 millions de florins.

Éclairage électrique

A Bordeaux, l'huilerie Maurel Prom et Mauzel frères est éclairée avec cent cinquante lampes du système Edison.

Les phares jumeaux de la Conche et du Touquet vont être transformés en phares électriques.

Les travaux de transformation commenceront le 1er avril prochain, et les feux électriques, dont la partie lumineuse sera, dans les dix douzièmes de l'année, de 19,1 milles, doivent entrer en fonctions le 15 juillet.

Les deux nouveaux feux seront, l'un et l'autre, scintillants à éclats blancs se reproduisant de quatre en quatre secondes.

On annonce que les écluses de la Scarpe, situées à Douai, sont éclairées par la lumière électrique, de telle sorte que les bateaux ne se trouvent plus arrêtés la nuit en ce point. On se rappelle, en effet, que la Scarpe, navigable depuis Arras, se jette dans l'Escaut et relie à ce fleuve tous les canaux du Nord.

MM. Tangye frères, les ingénieurs bien connus de Newcastle, ont adopté le système à incandescence pour l'éclairage de leur magasin. Jusqu'ici ce local a été éclairé au gaz, ce qui a eu l'effet fâcheux de rouiller les machines exposées par suite de la condensation inévitable partout où le gaz est employé. Le magasin est maintenant éclairé par 4 lustres, chacun de 5 lampes Swan de 20 bougies. Dix lampes pareilles éclairent les bureaux. Le courant est fourni par un dynamo Siemens actionné par une machine « Soho » de Tangye.

Un wagon-salon du train de Londres à Douvres, a été éclairé la semaine dernière avec trois lampes à incandescence alimentées par des accumulateurs Cheesewright; par suite de cet essai, on va procéder à des expériences en grand de cet éclairage.

L'hôtel royal à Blackfriars (Londres) est maintenant en partie éclairé par 4 lampes à arc Siemens dans la grande salle à manger, 63 lampes Swan dans le salon de lecture; et 12 lampes Swan dans le salon des dames. Le courant est fourni par un dynamo Siemens actionné par une machine

à gaz Otto de 16 chevaux. L'installation a été faite par MM. Siemens frères, de Londres.

On vient d'essayer dans la Clyde, en Écosse, le paquebot à vapeur *Valetta*, récemment construit par MM. Caird et Ce, de Greenock, pour la Peninsular and Oriental Company. Les salons et cabines de ce magnifique vaisseau sont pourvus d'un éclairage électrique, installé par l'Edison and Swan United Company.

A Glasgow, les grands chantiers de construction de navires John Elder et Ce de Govan ont un éclairage de lampes Brush. Ces lampes sont suspendues à une hauteur de trente à soixante pieds au-dessus des bâtiments du chantier.

Le château du baron Alfred de Rothschild, à Halton House, près d'Aylesbury, dans le comté de Buckingham, a reçu dernièrement une installation d'éclairage des systèmes Brush et Lane-Fox. Douze lampes Brush, de quatre mille candles chacune et pourvues de puissants réflecteurs paraboliques mobiles, éclairent les jardins. Dans les serres sont disposées des lampes Lane-Fox.

Le nouvel hôpital pour les maladies contagieuses à Newcastle on Tyne, va être éclairé par des lampes à incandescence Swan.

MM. Siemens frères, de Londres, ont installé la lumière électrique dans le Hall des Missions, à Limehouse. Cinq lampes à arc et 200 lampes Swan sont employées.

Cinq rues à Liverpool sont maintenant éclairées à l'électricité par vingt lampes à arc.

A Llanelly, dans la principauté de Galles, la fabrique Morewood possède depuis quelque temps déjà un éclairage à l'électricité, dont le prix de revient est, paraît-il, inférieur à celui de l'éclairage au gaz, précédemment employé. Il y a dans les ateliers Morewood cent lampes à incandescence de dix-sept candles. Ces lampes brûlent cinq nuits par semaine, en moyenne quatorze heures l'hiver et neuf heures l'été, soit en tout deux mille neuf cent quatre-vingt-dix heures par an. La dépense est d'environ cent quatre-vingt-trois livres sterling. Pour avoir avec le gaz la même somme de lumière, il faudrait près de quarante-huit mille mètres cubes, coûtant trois cent dix-sept livres sterling, au prix de dix-sept centimes le mètre cube. La vapeur dépensée pour actionner la machine dynamo-électrique est fournie par le moteur de la fabrique.

La fabrique de poudre Wakefield et Ce, à Gatebeck, près de Kendal, dans le comté de Westmoreland, est éclairée à l'électricité. Cette fabrique ayant une grande étendue, la machine dynamo est placée au centre des bâtiments qui sont séparés chacun par une distance d'environ deux cents yards. Les conducteurs, qui sont aériens, se trouvent supportés par des isolateurs sur des poteaux ou des arbres, des fils d'embranchement allant à chaque bâtiment. Les lampes sont disposées dans des réflecteurs en cuivre imperméables avec des devants en verre fixés sur des poteaux en dehors des fenêtres. Des précautions ont été prises contre la foudre au moyen de boîtes d'un nouveau modèle et de cut out. Outre les bâtiments « dangereux », la fabrique de salpêtre, les ateliers des menuisiers, des constructeurs de moulins, les bureaux des employés, sont entièrement éclairés à l'électricité, ainsi que la ligne des tramcars. Les lampes dont on se sert sont des Swan de douze candles, et la machine une Bürgin-Crompton, qui marche presque d'une manière continue jour et nuit pendant l'hiver, la moyenne du travail étant par jour d'au moins vingt heures, bien que durant une grande partie du temps il n'y ait d'allumé que dix ou vingt lampes.

A Endmoor, près de Kendal, dans le comté de Westmoreland, la résidence particulière de M. J.-W. Weston est éclairée avec quarante lampes incandescentes du système Swan, la plupart suspendues au plafond et pourvues d'abat-jour vénitiens. Outre les chambres de l'habitation, les offices et les écuries ont un éclairage semblable. La machine dynamo-électrique est actionnée par une turbine et le courant est amené à l'aide d'un fil aérien d'une distance d'environ trois quarts de mille.

En Espagne, les arsenaux royaux du Ferrol, de Carthagène et de la Carraca ont un éclairage de foyers à arc et de lampes à incandescence.

La Ce Edison a installé 22 500 lampes, dont 7000 en Allemagne, 4 500 en France, 4 000 en Autriche-Hongrie, 3 000 en Russie et 2 200 en Italie.

Le casino, le théâtre et les rues de la ville d'eaux de Hall, en Autriche, sont éclairés à la lumière électrique.

Depuis longtemps la municipalité de Saint-Pétersbourg avait traité pour l'éclairage électrique de la Perspective de Nevsky au prix du gaz et un local spécial avait été mis à la disposition des entrepreneurs pour l'emplacement des machines au milieu de la ville. Des embarras financiers ont pendant quelque temps retardé l'exécution des travaux, et quand enfin tout fut prêt, on s'aperçut que l'emplacement concédé pour les machines était tout à fait insuffisant, car pour avoir un bénéfice, les entrepreneurs avaient contracté pour l'éclairage électrique des principales boutiques de la Perspective, ce qui les forçait à augmenter le nombre et la force de leurs machines. La municipalité n'ayant pas voulu prendre la responsabilité des dangers possibles résultant d'une si grande installation au milieu d'un quartier populeux n'a pas voulu accorder l'augmentation de place demandée, tout en insistant sur l'exécution du traité passé. Un procès s'en suivit et nous sommes heureux d'apprendre qu'un arrangement à l'amiable est intervenu et que l'éclairage électrique de la Perspective de Nevsky si longtemps attendu va enfin être réalisé.

La ville de Saratow, en Russie, va être éclairée entièrement à la lumière électrique avec 1500 lampes pour lesquelles la ville paiera la somme de 40 000 francs par an.

Le boulevard Unter den Linden, à Berlin, ainsi que la Friedrichstrasse, vont être illuminés à la lumière électrique.

Parmi les installations électriques de Cologne, on remarque celle de la Société Berghausen et Ce, qui comprend deux cent quatorze lampes Edison, et celle de la *Gazette de Cologne*, avec cent cinquante-six lampes Edison.

A Milan, la Société industrielle franco-italienne s'est chargée d'une installation d'éclairage électrique dans une nouvelle maison du quartier Lazaretto où se trouvent les bureaux de cette Société et ceux du journal *Il Giorno*. Cette installation comprend une machine Gramme pouvant alimenter plus de quatre-vingts lampes Swan et un moteur à gaz de quinze chevaux. Ces machines sont placées dans

les caves du bâtiment ainsi qu'une forte pompe hydraulique, mise en mouvement par le moteur, qui sert à charger les réservoirs qui distribuent l'eau dans toute la maison. Le champ magnétique de la machine dynamo-électrique est excité par un un circuit dérivé dans lequel est inséré un régulateur de résistances, destiné à faire varier la production d'électricité proportionnellement au nombre de lampes en service. Ce régulateur est disposé dans la loge du concierge, qui le manœuvre sans difficultés et distribue la lumière suivant les besoins des locataires.

A Kimberley, dans le district des mines de diamant en Afrique, la South African Brush Electric Light and Power Company a installé un éclairage de lampes Brush sur un circuit de sept milles.

Cent lampes à incandescence du système Maxim servent à l'éclairage des Howard oil Mills de Houston, au Texas.

Aux Etats-Unis, l'Electric Light Company de Kansas City, a maintenant en service cent quarante lampes à arc.

L'American Electric and Illuminating Company vient de fonder une Société filiale pour installer la lumière électrique dans la ville de Providence, sous le titre de Narragansett Electric Light Company. Cette compagnie, qui exploite le système Thompson-Houston, a obtenu de la municipalité de Providence l'autorisation de dresser dans les rues les poteaux de ses lignes aériennes, malgré l'opposition d'une autre Compagnie, la Rhode Island Electric Light Company.

L'American Electric Company de Boston vient d'absorber par achat la Thomson at Houston Electric Light Company de Canada. Les droits d'entrée fort élevés dont les machines et appareils sont frappés au Canada rendaient jusqu'ici la concurrence impossible aux Américains; aussi leurs journaux regardent-ils la transaction comme un triomphe national et prédisent un très grand succès pour la nouvelle entreprise.

La Société Brush de New-York a maintenant 1,100 lampes à arc et 2,700 lampes à incandescence en opération.

Aux Etats-Unis, l'éclairage électrique a fait des progrès dans la ville de Dayton. Il y a déjà deux ans, le prix du gaz avait été réduit de trente-sept dollars à trente par bec par la Compagnie du gaz de Dayton, en présence de la concurrence de sociétés électriques. A la suite d'offres faites par les compagnies Brush et Edison, la Compagnie du gaz de Dayton a proposé de nouvelles réductions, si bien que les populations se réjouissent de l'introduction de la lumière électrique. Il y a deux ans, cette ville comptait trois cent soixante-cinq becs de gaz à trente-sept dollars par an, et payait treize mille six cent quatre-vingt sept dollars. Elle paie actuellement sept mille neuf cent cinquante dollars pour deux cent soixante-cinq lampes à trente dollars et deux mille cinq cents dollars pour l'éclairage électrique Brush.

L'électricité est installée partout au musée de Washington. Grâce à des téléphones et des sonneries, toutes les pièces de ce vaste édifice sont en communication entre elles. Vingt-six téléphones sont reliés à un bureau central, qui, à son tour, est en communication avec le grand bureau central de la Cᵉ des téléphones. Chaque porte ou fenêtre qui s'ouvre fait marcher une sonnerie qui avertit les garçons de bureau. Même dans l'atelier de photographie, on ne se sert que de la lumière électrique.

Télégraphie et Téléphonie

Les recettes du département des télégraphes en Angleterre, depuis le 1er avril au 22 décembre 1883, ont atteint le chiffre énorme de 32 millions de francs contre 31 millions pour la même période de 1882.

Des expériences ont eu lieu dernièrement à la station télégraphique de Strasbourg, en appliquant les accumulateurs à la télégraphie. Vingt éléments Meidinger ont été remplacés par 5 accumulateurs Schultze placés en six circuits, chargés avec un courant de 4 ampères et pesant 10 kilogrammes. Ils n'ont que 13 centimètres de long et 24 de haut.

Selon une correspondance de Berlin, toutes les villes de quelque importance en Allemagne vont être reliées télégraphiquement par fil direct, de sorte qu'une dépêche de Breslau à Cologne, par exemple, ne passera plus par Berlin comme c'est le cas maintenant. Francfort-sur-Mein sera relié directement à Emden d'où partent les câbles américains et anglais ce qui donnera une grande économie de temps. Au bureau général des télégraphes à Berlin, les expériences dont nous avons déjà parlé avec des machines dynamos en remplacement des batteries ordinaires continuent tou jours, et semblent donner les meilleurs résultats.

La Bourse d'Amsterdam va adresser une pétition au gouvernement hollandais demandant de meilleurs moyens de communication télégraphique avec l'Angleterre.

De même qu'entre Magdebourg et Berlin, un service téléphonique va être organisé entre les Bourses de Berlin, de Leipzig et de Hambourg. Les ordres de Bourse et toutes opérations financières pourront ainsi être adressés d'une ville à l'autre au moyen du téléphone.

Au Japon, le réseau télégraphique continue à s'étendre à Niphon, Kiousiou, Sikokf, Yéso et aux autres îles qui forment cet empire de l'Extrême-Orient. Il mesure actuellement environ quatre mille sept cent trente-trois milles ou douze mille quatre cent soixante-dix milles de fil.

Le gouvernement japonais vient de faire installer une station télégraphique à Fusan. Le tarif de Nagasaki est fixé à 1 fr. 10.

Le câble de Souakim est maintenant terminé et la Eastern Telegraph Cᵉ accepte également les dépêches pour Jeddah qui est relié par un câble avec Souakim.

ERRATUM

C'est par erreur que, dans notre dernier numéro, l'article sur les travaux du Dʳ Salva a été signé F. Browne. L'auteur de l'article est M. H.-V. Browne, directeur à Barcelone de la *Direct Spanish Telegraph Cᵒ*.

Le Gérant : A. Noaillon.

Paris. — Imprimerie P. Mouillot, 13, quai Voltaire. — 45566

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

51, rue Vivienne, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ. | DIRECTEUR SCIENTIFIQUE : TH. DU MONCEL

ADMINISTRATEUR : H. SARONI

6e ANNÉE (TOME XI) SAMEDI 16 FÉVRIER 1884 No 7

SOMMAIRE

Organisation des mines électriques; Th. du Moncel. — L'électricité en médecine; Dr A. Tripier. — Les machines dynamoélectriques de sir William Thomson; Frank Geraldy. — Les figures électriques; Antolik. — Un point de l'histoire de la télégraphie : Les travaux de Francisco Salva; H.-V. Browne. — La lumière électrique dans les galeries de peinture; P Clemenceau. — Revue de l'Exposition de Vienne : Les appareils de mesure (2e article); Aug. Guerout. — Recherches sur la direction des courants telluriques; F. Larroque. — Revue des travaux récents en électricité : — Sur l'action réciproque de deux sphères électrisées, par M. Mascart. — Sur la loi de Faraday, par M. Berthelot. — Remarques sur la loi de Faraday et sur la loi découverte par M. Bouty, par M. Wurtz. — La pile Skrivanow, modèle de poche. — La détermination de l'ohm. — Nouvelle démonstration de l'exactitude de la loi de Joule, par M. Alfred Reinisch. — Sur le galvanomètre des tangentes appliqué à la mesure de courants de haute intensité et sur un nouveau galvanomètre à ressort, par F. Kohlrausch. — Sur les variations de la force électromotrice dans les accumulateurs, par M. E. Reynier. — Correspondance : lettre de M. Ferat. — Faits divers.

ORGANISATION DES MINES ÉLECTRIQUES

Dans une série d'articles publiés dans *La Lumière Electrique*, par M. G. Richard, on a donné la description des diverses amorces qui ont été imaginées pour le tir électrique des mines et les principaux générateurs électriques qui sont employés pour les mettre en action. On a vu qu'aujourd'hui les courants induits de haute tension étaient un peu abandonnés; mais il n'en était pas de même il y a quelque 30 ans et c'étaient les courants d'induction de la machine de Ruhmkorff qui étaient préférés. Par le fait, on en a obtenu de très bons résultats pour le tir des *mines monstres* appliquées dans les travaux de creusement de l'arrière-bassin du port militaire de Cherbourg, et en raison de leur importance nous croyons devoir donner quelques renseignements sur l'organisation des mines électriques de cette époque, organisation à laquelle j'ai contribué pour beaucoup, et qui en 1853 et 1854 a eu un certain retentissement.

Quand il ne s'agit que d'explosions isolées de mines, le problème de l'organisation électrique des mines ne présente aucune difficulté; on introduit l'amorce dans le circuit du générateur, et au moyen d'un interrupteur du courant, on provoque l'inflammation en fermant le circuit. Le problème n'est pas plus difficile quand il s'agit d'enflammer plusieurs mines interposées sur le même circuit; seulement il arrive souvent alors que les explosions ne sont pas simultanées, ce qui est fâcheux pour le tir des mines importantes.

Pour obtenir le tir simultané d'un certain nombre de mines, le problème est plus délicat qu'on ne le croit à première vue, et pour y arriver, il faut faire en sorte de concentrer sur chacun des fourneaux de mine l'action électrique la plus énergique possible. Le meilleur moyen serait d'appliquer à chacune d'elles un générateur particulier, mais comme ce moyen est impraticable, on a cherché à obtenir un effet équivalent en interposant chaque circuit de mine sur des dérivations issues des pôles mêmes de la pile, laquelle doit, pour cela, être disposée en quantité; mais comme chaque circuit présente alors une certaine résistance, la force électrique se trouve bien affaiblie. Ce moyen est encore plus mauvais quand on emploie, pour le tir des mines, des appareils d'induction et des amorces de tension; car les courants induits ont si peu de quantité qu'ils se divisent difficilement.

Pour résoudre cette difficulté, M. Savarre, en 1853, a cherché à concentrer l'action du courant au lieu de la diviser, et pour cela, il a rendu impossible sa transmission par les amorces une fois celles-ci parties. Pour arriver à ce résultat, M. Savarre établit toutes ses amorces sur les dérivations d'un circuit principal, et les construit de manière que les bouts du fil constituant la solution de continuité soient terminés par des pointes effilées d'alliage fusible (le métal Darcet amalgamé). Pour rendre l'inflammation plus facile, il remplace la poudre par du pyroxyle enveloppé lui-même dans une étoffe rendue inflammable, et il emploie comme

conducteur secondaire, du sulfure noir de mercure ou du deuto-sulfure d'étain. On comprend dès lors ce qui arrive : celle des mines qui est la plus rapprochée de l'appareil ou dont la fusée présente le moins de résistance à la transmission du courant, part de préférence aux autres ; mais dans cette inflammation, le métal Darcet se trouve fondu, et si l'amorce est restée dans la mine, les deux extrémités du fil sont alors trop éloignées l'une de l'autre pour que le courant passe au travers ; c'est donc une issue de moins au courant, et, par conséquent un renfoncement d'action électrique pour les autres mines.

Dans la pratique, on peut n'employer qu'un seul conducteur, laissant au sol le soin d'achever le circuit. On fait donc partir d'un des pôles de la machine de Ruhmkorff un fil soigneusement recouvert de gutta-percha qui circonscrit les différentes mines et sur lequel on greffe les bifurcations qui doivent aller à ces mines. Ces bifurcations sont attachées à l'un des bouts des amorces, tandis que l'autre bout de celles-ci communique au sol par l'intermédiaire d'un fil quelconque attaché à une plaque métallique. Un pareil fil, également en rapport avec la terre, part du second pôle de l'appareil Ruhmkorff et complète le circuit.

Afin d'éviter la transmission à travers le sol une fois que les amorces ont fait explosion, M. Savarre introduit la pointe du métal fusible et une portion du conducteur dérivé dans un tuyau de gutta-percha qu'il soude sur ce conducteur, de manière que la solution de continuité et les extrémités du fil métallique fusible, longues d'environ un centimètre, soient dans le vide. Puis il remplit cet espace vide avec du pulvérin délayé dans de l'eau gommée. Il en résulte qu'au moment de l'explosion, le métal fond jusqu'à un centimètre de profondeur dans la gutta-percha, et que la communication du conducteur dérivé avec le sol devient impossible. Avec des amorces préparées de cette manière, on peut faire sauter autant de fourneaux de mine que l'on veut. Le métal fusible en s'échauffant et en fondant, suffirait presque pour enflammer la poudre. La préparation est d'ailleurs facile : on achète le métal Darcet tout fait, on le fond dans un creuset, on y mêle une certaine quantité de mercure, et pour l'obtenir en fil, on aspire le métal fondu dans de petits tubes en verre. Quand il est refroidi, on le retire des tubes, on le soude aux conducteurs en cuivre, et l'on effile les pointes à la lime. La proportion de mercure ne doit pas être grande, car alors le métal serait trop cassant. Avec ce système, M. Savarre a pu enflammer jusqu'à dix mines à la fois à 700 mètres de distance.

Les amorces de MM. Gaiffe et Comte présentent les mêmes avantages que celles dont il vient d'être question, au point de vue du tir simultané d'un certain nombre de mines. En effet, quand le circuit étant organisé comme dans le système de M. Savarre, la première mine a fait explosion, le courant se trouve transporté intégralement à la seconde, car l'enveloppe d'étain, en fondant sous l'influence de la décharge et étant d'ailleurs déchirée par l'explosion de la capsule, établit une solution de continuité de plus de 1 centimètre entre les deux fils de l'amorce, et rend par cela même impossible le passage du courant à travers cette amorce.

Si l'inflammation simultanée d'un certain nombre de fourneaux de mine placés dans le voisinage les uns des autres présente de grands avantages au point de vue de l'importance des effets produits, et cela en raison de l'ébranlement général qui se trouve alors déterminé, ces avantages sont bien plus grands encore quand il s'agit de ces mines monstres employées dans certains travaux de déblaiement, et qui mettent à contribution jusqu'à 30 000 kilog. de poudre. Comme de pareilles mines coûtent extrêmement cher à construire (15 mille francs environ chacune), il fallait que leur tir fût non seulement simultané, mais encore *immanquable*, et c'est pour obtenir la solution de ce problème que, lors du creusement de l'arrière-bassin du port militaire de Cherbourg, en 1854, les entrepreneurs MM. Dussaud et Rabattu vinrent me demander des conseils. Je combinai alors un système qui a parfaitement réussi ; mais pour qu'on puisse le comprendre, il est essentiel que je donne quelques détails sur la disposition des mines monstres employées avec tant de succès par MM. Dussaud et Rabattu.

Une *mine monstre*, comme celles que ces messieurs avaient déjà employées à Alger, se compose ordinairement de deux chambres carrées de la contenance de 3 à 4 mètres cubes, creusées à environ 12 mètres au-dessous de la surface du rocher, et que l'on remplit de poudre. Pour opérer ce creusement, MM. Dussaud et Rabattu ouvrent d'abord un puits de 12 mètres de profondeur, puis ils font partir du fond de ce puits deux galeries horizontales d'environ $1^{m},50$ de hauteur sur 5 mètres de longueur, et c'est à l'extrémité de ces galeries qu'ils creusent les chambres dont il a été question. La poudre n'est pas déversée directement dans ces chambres ; car, dans le long travail de bourrage de ces mines, elle pourrait devenir humide et rester sans effet. C'est dans de grands sacs en gutta-percha, hermétiquement fermés, qu'elle est déposée avec l'amorce d'explosion. Quand ce travail est fait, que les amorces sont attachées aux saucissons, on maçonne solidement à pierre et à plâtre les galeries, et on remplit de terre les puits de descente : en sorte que les mines ne sont plus en rapport avec l'extérieur que par les saucissons remplis de poudre, qui ont été eux-mêmes noyés dans la maçonnerie. Ces saucissons communiquent à la surface

du sol avec des traînées de poudre qui partent des différentes mines et aboutissent à un centre commun, où se trouve une mèche d'amadou. C'est en allumant cette mèche qu'on met le feu à ces mines.

Ce système, bien que très ingénieusement combiné, puisque la poussée ne pouvait s'opérer qu'en soulevant la masse de rocher au-dessus de chaque mine, n'a pas donné dans l'origine des résultats aussi satisfaisants qu'on était en droit de l'espérer, précisément à cause du mode d'inflammation de la mine. On sait, en effet, d'après les expériences du général Morin, expériences d'ailleurs connues de beaucoup de chasseurs, que, dans un tube rempli de poudre et faiblement bourré, toute la poudre ne brûle pas; de sorte qu'il peut arriver que la poudre, enflammée à la partie supérieure du tube, ne transmette pas l'inflammation à la partie inférieure. Or, c'est précisément ce qui arrivait souvent dans les saucissons de 12 mètres employés pour mettre le feu aux mines monstres de MM. Dussaud et Rabattu. D'un autre côté, la poudre ne prenant pas feu avec une égale promptitude, les différentes mines qui auraient dû s'enflammer en même temps ne partaient jamais régulièrement, et dès lors, tout l'effet avantageux de ces espèces de volcans, dont les ébranlements individuels se fussent prêté un mutuel secours, était plus problématique. Or, ce fut précisément pour obvier à ces inconvénients, que MM. Dussaud et Rabattu pensèrent à mettre à contribution les moyens électriques.

D'après la manière dont la question me fut posée, je reconnus de suite que le problème à résoudre était moins de rechercher l'économie dans les organes électriques destinés à agir, que de fournir un système immanquable dans ses effets. Or, les systèmes ordinaires ne me paraissaient pas, à l'époque où on me consulta, donner une garantie suffisante, eu égard à l'importance des résultats négatifs ou positifs qui pouvaient être la conséquence de la mauvaise ou bonne réussite de ces mines. Au lieu donc de faire partir les six ou huit fourneaux qui composent ordinairement chaque système de ces mines monstres, en les interposant dans un même circuit, j'ai préféré les diviser par groupes de deux et avoir recours à trois ou quatre circuits. Bien plus même, craignant, en raison du contact si intime des fils avec la terre et le plâtre, dans les galeries et le puits de descente, un isolement insuffisant du courant, j'ai supprimé la communication par le sol, et j'ai préféré employer deux conducteurs au lieu d'un, ce qui d'ailleurs ne m'occasionnait qu'une dépense très minime, puisque l'un de ces fils pouvait être commun à tous les circuits en rapport avec les trois ou quatre grandes mines qui devaient partir en même temps.

Avec cette disposition, commandée par la prudence, le problème se réduisait pour moi à obtenir la simultanéité d'explosion à travers ces différents circuits. J'ai eu pour cela recours à deux systèmes de commutateurs, d'une construction particulière, dont j'ai donné le dessin dans mon *Exposé des applications de l'électricité*, tome V, p. 599.

Le plus simple de ces commutateurs s'applique dans les cas où les mines sont peu éloignées du lieu où l'on opère : il se compose d'une planche d'acajou dans laquelle sont incrustés : 1° un cadre de caoutchouc durci; 2° une glace de verre assez épaisse. Sur deux des côtés de ce cadre isolant sont fixées 8 ou 10 lames de cuivre arrondies sur les côtés de manière à présenter une surface légèrement convexe; et des boutons d'attache qui leur sont adaptés, permettent de les réunir à des fils faisant partie de circuits spéciaux. Cette planche est supportée sur quatre pieds pointus, afin d'être solidement fixée quand on doit faire fonctionner le manipulateur.

Celui-ci consiste dans une lame flexible de cuivre soudée à l'extrémité d'un gros fil recouvert de gutta-percha et adaptée par l'intermédiaire de ce fil à un manche de bois. Comme celui-ci n'adhère qu'à la gutta-percha dont est recouvert le fil, cette lame se trouve complètement isolée, et l'on est à l'abri des commotions quand on met ce manipulateur en rapport avec la machine d'induction.

Pour faire fonctionner cet appareil, rien de plus simple : on met les différents circuits sur lesquels on a à agir en rapport avec les lames de cuivre du commutateur, et on attache l'extrémité libre du fil du manipulateur à celui des pôles de l'appareil de Ruhmkorff qui donne des étincelles à distance; comme les différents circuits mis en rapport avec le commutateur le sont déjà avec le second pôle de l'appareil d'induction par un fil spécial, il suffit de faire passer le manipulateur plusieurs fois de suite à travers les lames de cuivre pour produire les différentes fermetures de courant nécessaires à l'explosion des amorces.

Les précautions d'isolement que nous avons indiquées pour la construction du commutateur sont essentielles, parce qu'avec ces sortes de courants, le bois n'est pas un isolateur suffisant, surtout dans le cas en question, à cause de l'étendue assez considérable qu'occupent les points de contact des lames de cuivre du commutateur, lesquels suffisent, comme je l'ai démontré dans ma notice sur l'appareil de Ruhmkorff, pour rendre le bois conducteur. D'un autre côté, l'emploi de la glace de verre empêche la traînée semi-conductrice qui accompagne toujours le frottement d'un métal sur le bois et même sur le caoutchouc durci.

Enfin les points d'attache du circuit avec l'appareil d'induction ne sont pas du tout indifférents; car il arriverait souvent, si on attachait au pôle de l'appareil qui donne des étincelles à distance le fil se rendant directement aux amorces, que plusieurs des mines partiraient avant qu'on n'ait fermé

les circuits au moyen du manipulateur. Dès lors, on ne pourrait plus compter sur la sûreté de l'opération. En attachant, au contraire, le manipulateur à ce pôle, cet effet ne peut jamais se produire.

Pour plus de sûreté, MM. Dussaud et Rabattu ont demandé à M. Ruhmkorff de leur faire ce commutateur double, afin de pouvoir diriger à la fois sur les mêmes mines les courants issus de deux appareils différents. Ces commutateurs doubles ne sont autre chose que deux séries de plaques de cuivre disposées comme nous l'avons vu précédemment et séparées par un rebord de caoutchouc durci. Alors le manipulateur a la forme d'une fourche que l'on place à cheval au-dessus de ce rebord quand on opère, en ayant soin d'appuyer également de part et d'autre. Je crois que cette précaution est superflue quand on a pris tout le soin convenable pour bien isoler les circuits et pour mettre l'appareil en bon état.

Le second commutateur peut être employé avec avantage quand la distance entre les mines et le lieu où doivent être placés les appareils électriques est considérable; il épargne beaucoup de fil recouvert de gutta-percha et rend les circuits que doit parcourir le courant d'induction beaucoup moins long.

Ce commutateur n'est, à proprement parler, qu'un relais rhéotomique à mouvement d'horlogerie, et il doit être disposé de manière que le mouvement du frotteur du rhéotome ne soit pas très prompt et que les conditions de l'isolement soient bien observées. L'appareil est renfermé dans une boîte de chêne assez forte pour recevoir, sans se briser, le choc des petites pierres lancées par la mine. Il se compose d'un mécanisme d'horlogerie à quatre mobiles, susceptible d'être réglé dans sa vitesse au moyen d'un modérateur. Sur le troisième de ces mobiles, est adapté un levier armé d'un frotteur à piston qui tourne autour d'une circonférence composée de plaques de cuivre et de plaques de glace alternées et placées au même niveau. Les plaques de cuivre, comme dans le commutateur précédent, sont fixées sur une circonférence de caoutchouc durci et correspondent par des boutons d'attache aux fils des différents circuits. Au-dessus du troisième mobile du mécanisme d'horlogerie, se trouve un électro-aimant dont l'armature porte une dent servant de détente d'encliquetage à ce mobile. Enfin les différentes pièces qui composent le mécanisme, se trouvent renfermées dans une enveloppe épaisse de gutta-percha ou de caoutchouc durci.

On peut se servir de cet appareil de deux manières : 1° en employant une pile auxiliaire pour la manœuvre à distance du commutateur; alors l'appareil d'induction peut être placé sous un abri très près des mines, et les fils reliant le commutateur au poste où l'on expérimente, peuvent n'être que de simples fils de fer; 2° en n'employant qu'une seule pile pour l'appareil d'induction et le commutateur; alors celui-ci épargne le prolongement des différents fils spéciaux allant aux mines.

L'usage de ce commutateur se comprend aisément, puisqu'il ne fait que reproduire à distance, comme un relais, l'action que l'on effectuerait à la main au moyen du premier commutateur. Il suffit donc, au moment de faire partir les mines, de fermer le circuit correspondant à l'électro-aimant du commutateur, et alors celui-ci opère les fermetures successives des circuits induits qui sont en rapport avec les mines. Quand on emploie deux piles distinctes, rien n'est plus facile que cette manœuvre; mais dans le cas où l'on ne veut agir qu'avec une seule, un commutateur particulier doit être ajouté à l'appareil d'induction. Ce commutateur peut consister simplement dans une lame de ressort qui serait mise en rapport avec l'un des deux fils allant au commutateur mécanique, et qui serait placée de manière à rencontrer une cheville de cuivre fixée sur l'une des plaques du commutateur de l'appareil d'induction, un peu avant que cette plaque fût dans la position voulue pour que l'appareil d'induction marchât. Il faudrait seulement que le fil en rapport avec ce ressort additionnel, fût relié à la fois à l'électro-aimant du commutateur mécanique et au massif métallique de ce commutateur, de telle manière que le mécanisme d'horlogerie, étant une fois dégagé, pût couper les communications établies entre l'électro-aimant et le circuit des mines. Avec cette disposition, une première fermeture du courant de la pile précéderait l'envoi du courant d'induction, et cette première fermeture ferait réagir le commutateur mécanique, qui distribuerait alors le courant induit aux différentes mines. Il serait bon, dans ce cas, de tourner plusieurs fois de suite le commutateur de l'appareil de Ruhmkorff, pour provoquer plusieurs révolutions de la part du frotteur du commutateur mécanique.

Le commutateur mécanique que nous venons de décrire pourrait être substitué avantageusement au commutateur simple que nous avons considéré comme devant s'appliquer aux petits circuits. Il aurait sur lui l'avantage d'un fonctionnement régulier, et l'on n'aurait pas à craindre, en l'employant, d'agir ou trop lentement ou avec trop de précipitation.

Dans l'organisation des différents circuits, il faut avoir soin de recouvrir tous les points de jonction d'une épaisse couche de gutta-percha, ou, à défaut de gutta-percha, de plusieurs doubles de taffetas gommé. Il convient même, pour plus de sûreté, de soutenir extérieurement ces points de jonction au-dessus du sol à l'aide de petites fourchettes de bois.

L'effet d'explosion de ces mines *monstres* est tout à fait différent de celui des petites mines.

Peu de fragments de pierres sont projetés en l'air, mais on voit le terrain se soulever comme une enveloppe qui se gonfle. Quand ce soulèvement a atteint une hauteur de 1 à 2 mètres, des déchirures se forment de tous côtés, et la fumée, quelques instants comprimée, donne à ces mines, en s'échappant à travers ces fissures, l'apparence d'un cratère de volcan en éruption. La détonation n'est pas extrêmement forte : c'est un bruit sourd, qui semble venir de loin, et à la suite duquel se produit un petit tremblement de terre qui, du reste, ne se propage pas assez loin pour endommager les bâtiments dans le voisinage.

L'explosion de ces mines était, du reste, un spectacle curieux qui attirait toujours, dans le port militaire de Cherbourg, un grand nombre de spectateurs. Ordinairement, les entrepreneurs chargés de ces travaux en faisaient partir tous les trois mois.

TH. DU MONCEL.

L'ÉLECTRICITÉ EN MÉDECINE

Tandis qu'en chirurgie on se préoccupe surtout ou même exclusivement d'un résultat immédiat pouvant être obtenu aussi bien sur la nature morte que sur la nature vivante, c'est des *réactions* que présentera l'organisme vivant qu'on a souci en médecine. Le problème est plus complexe; les solutions seront plus difficiles : les réactions seront, en effet, multiples, variées, et leur appréciation, toujours délicate, sera le plus souvent impossible directement.

En face des actions modificatrices auxquelles on pourra recourir, l'organisme se présente comme un agrégat de cellules diversement figurées, apportant à la masse des propriétés communes et des aptitudes distinctes.

La plus générale de ces propriétés, celle qui caractérise tout d'abord la vie dans chacun des éléments comme dans l'ensemble, est la *capacité nutritive*. Indépendamment de ses relations autres que celles de voisinage, chaque cellule, glandulaire, musculaire, nerveuse, conjonctive, s'entretient et se conserve grâce à un double mouvement chimique plus ou moins actif, dont nous ne pouvons atteindre l'impulsion première, mais sur lequel nous pouvons agir en modifiant ses conditions de milieu.

A côté des propriétés qui aboutissent à lui constituer une autonomie nutritive, chaque élément figuré se rattache à l'ensemble par le jeu d'appareils centralisateurs et disperseurs, régulateurs de la vie harmonique de la masse, des vicissitudes dynamiques et chimiques du milieu commun : les appareils sanguin, nerveux et musculaire. De ces appareils coordinateurs, celui qui nous intéresse le plus est l'appareil nerveux, car, ne tirant des deux autres que le concours commun qu'ils prêtent à tous les actes d'ordre nutritif, il est leur régulateur, pour ces actes comme pour tous les autres, commandant au système musculaire, et, par lui, aux appareils circulatoires. Nous nous trouvons donc en présence d'un bloc d'éléments figurés qui nous intéresse comme masse capable de mutations chimiques d'ordre nutritif, et en raison des propriétés de la plupart au moins des formes qui concourent à sa constitution.

Lorsque nous interviendrons avec l'électricité sur cette masse vivante ou sur quelqu'une de ses parties, nous agirons :

1° Par le milieu commun, sur les phénomènes de nutrition cellulaire ;

2° Sur les propriétés nerveuses, sur les propriétés musculaires, sur les mouvements circulatoires, sur les fonctions glandulaires. Et toutes ces actions se présenteront sous un double aspect, car elles seront tantôt directes et tantôt indirectes, le plus souvent les deux à la fois dans des mesures inégales.

Telles sont, à première vue, les questions à examiner. Sans nous arrêter tout d'abord aux difficultés que présentera l'étude de ces questions, nous voyons déjà celles-ci nombreuses; elles le deviendront bien plus lorsque nous aurons à tenir compte des variétés de forme que comportent les applications électriques.

3° Mais il se trouve encore que ces éléments figurés, que nous n'avons envisagés jusqu'ici qu'à l'occasion de leurs relations nutritives et fonctionnelles, sont des *électromoteurs*. Le problème se complique donc de l'introduction de cette condition dans chacun des phénomènes envisagés plus haut, et dans chacune des perturbations que notre intervention y amènera;

4° Enfin, nous ne pouvons oublier que ces électromoteurs organiques sont essentiellement polarisables, et que, lorsque nous aurons agi sur eux, nous en aurons souvent fait des *électromoteurs secondaires*, qui se mettront à fonctionner au moment où nous les abandonnerons.

On voit, sans qu'il soit besoin d'y insister, quelle est la complication du problème, et à combien de difficultés va se heurter la moindre question. S'il y fallait attendre une solution rigoureuse avant d'agir, on se trouverait arrêté net.

La thérapeutique ne peut cependant compter avec tous ces obstacles. C'est toujours sur une donnée restreinte, incomplète, qu'elle fonde une pratique, qui réussit ou échoue, mais qu'on ne jugera, et

surtout qu'on n'essaiera d'interpréter définitivement qu'après l'épreuve. On arrive ainsi à des appréciations qui, si elles ne répondent pas à toute la vérité, peuvent en représenter une assez grande partie, une fraction utile. Isolant une des données d'un problème complexe, on édifie sur elle une solution, comme si les autres données étaient négligeables. Ces données négligées représentent, dans les agissements du médecin, les *causes d'erreur;* l'art de celui-ci consiste à les atténuer le plus possible; la vérification thérapeutique établit ensuite, pour chaque cas particulier, dans quelle mesure il y aura réussi.

Faut-il conclure des difficultés que je viens de signaler que l'introduction des applications électriques dans la thérapeutique, et que la prétention de leur tracer des voies rationnelles soit prématurée? — Non assurément; car s'il en était ainsi, toute la matière médicale proprement dite devrait être abandonnée : nous avons pu mesurer en quelque sorte la complexité des questions que soulève l'emploi de l'électricité, or, il s'en faut que nous en soyons arrivés là pour celles que soulève le maniement des agents médicamenteux.

A défaut des raisons d'ordre spéculatif qui placent les applications électriques en tête de l'ordre du jour thérapeutique, on pourrait invoquer la considération d'une utilité établie par des épreuves qui, si elles ne sont jamais encore devenues vulgaires — en raison surtout de l'apprentissage préalable qu'elles supposent — n'ont jamais du moins cessé d'être poursuivies depuis qu'on a, il y a plus d'un siècle, constaté l'influence de certains modes d'électrisation sur la motricité, ainsi que sur quelques phénomènes sécrétoires. Un jour est arrivé où l'électricité s'est trouvée être incontestablement, de tous les agents de l'arsenal thérapeutique, celui dont les applications étaient le mieux définies et embrassaient le champ le plus étendu.

Si l'on tient compte, enfin, de ce que l'électricité partage avec les autres agents physiques le mérite de ne voir les effets qu'on lui demande compliqués d'aucune action toxique, — de ce que, mieux que les variations de pression et de température, mieux peut-être que les actions mécaniques, elle se prête à la fois à la dispersion la plus complète et aux localisations les plus étroitement circonscrites, — de ce que, en raison des perfectionnements successifs des moyens de la produire et de la distribuer, elle comporte des facilités de dosage quantitatif et qualitatif qu'on chercherait vainemen dans l'emploi d'aucun autre modificateur, on reconnaîtra à l'étude de ses applications physiologiques un intérêt médical tout à fait exceptionnel.

Pouvons-nous dès à présent nous faire une idée d'ensemble des moyens d'action que nous fournit cette force si variée dans son unité? Pouvons-nous apprécier sommairement ses effets sur l'organisme dont nous résumions tout à l'heure les aptitudes générales : amas cellulaire se nourrissant, doué de propriétés variées influençables par notre réactif, bloc électromoteur dont nous ferons souvent, le voulant ou sans le vouloir, un électromoteur secondaire? — Une expérience simple et décisive de Cl. Bernard nous fournit à cet endroit au moins les premiers enseignements.

Dans le circuit extérieur d'une pile sont intercalés un voltamètre à décomposition d'eau, un train postérieur de grenouille, et un interrupteur à mouvement d'horlogerie. Le moteur est unique : c'est la pile.

L'interrupteur sert à rendre à volonté l'action de cette pile continue ou intermittente. Le voltamètre et la grenouille sont des réactifs destinés à accuser les effets produits par le passage du courant. Or, quand l'interrupteur est au repos, que le courant passe d'une manière continue, on voit un dégagement de bulles gazeuses accuser la décomposition de l'eau dans le voltamètre; pendant ce temps aucun effet appréciable ne se montre dans la grenouille. Qu'on fasse ensuite fonctionner l'interrupteur : le courant devient intermittent; la décomposition de l'eau cesse d'être apparente dans le voltamètre; mais le train postérieur de la grenouille entre en convulsions.

Depuis que j'ai assisté à cette expérience, vieille bientôt de trente ans, je m'y suis toujours trouvé ramené quand, pour les besoins de l'exposition ou pour ceux de la pratique, j'ai dû essayer de classer réactifs et réactions. Cette différence si frappante entre les réactions provoquées par les applications *variables* et celles dues aux applications *permanentes*, différence établie avec un moteur voltaïque, se retrouve lorsqu'on opère avec des appareils d'induction ou avec les machines électrostatiques. Entre les manifestations provoquées dans les diverses conditions instrumentales, il existe cependant des nuances, en rapport avec le mode sous lequel est transmise l'énergie, selon qu'elle est surtout le fait de l'intensité ou de la tension. De plus, une analyse délicate arriverait à établir que, dans l'expérience de Cl. Bernard, le réactif organisé n'est pas aussi indifférent au passage du courant continu qu'on pourrait le croire à première vue.

Il appartient aux recherches de l'électrophysiologie de caractériser les nuances qui échappent à une observation superficielle, de mettre en lumière les réactions obscures; mais la thérapeutique a pu dès l'abord faire la part des effets évidents et les utiliser dans nombre de cas.

(A suivre.) Dr A. Tripier.

LES

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

DE SIR WILLIAM THOMSON

Sir W. Thomson vient de breveter une nouvelle forme de machine dynamo-électrique que nous allons décrire.

Le point essentiel réside dans la forme nouvelle donnée à l'induit. Au lieu d'être un anneau, comme dans la machine type Pacinotti-Gramme, ou un cylindre, comme dans la machine type Siemens, le corps tournant a la forme d'un disque. Ce disque est formé d'une série de barres de cuivre placées suivant les rayons, comme on le voit en *a a* dans la figure 2, qui représente ce disque vu en plan.

Comme au point où elles se rapprochent du centre chacune d'elles devient forcément plus étroite, en échange elle gagne en hauteur ce qu'elle perd en largeur, comme on peut le voir en *a a* sur

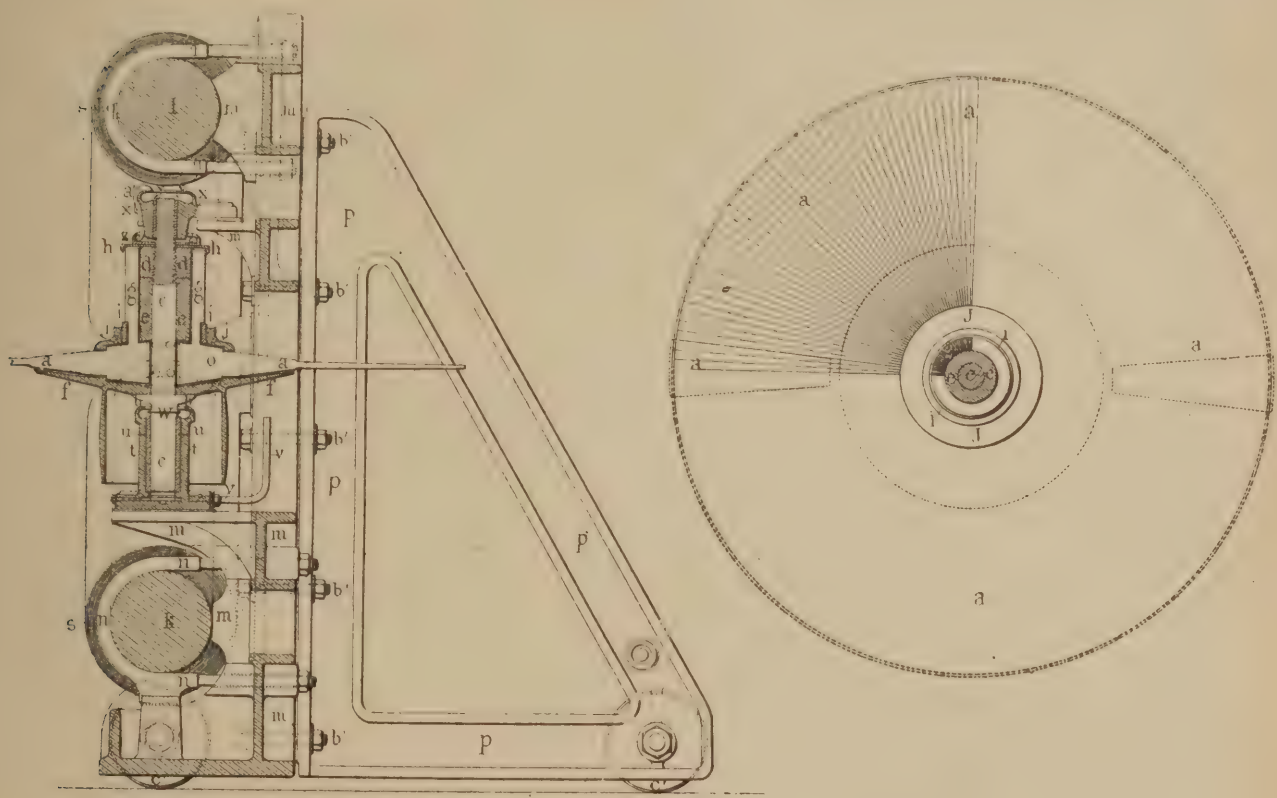


FIG. 1 ET 2

la figure 1, qui représente la coupe verticale de la machine. Ces diverses barres sont réunies à la circonférence par une jante métallique, et séparées dans le sens des rayons par des corps isolants. L'ensemble constitue, comme nous l'avons dit, un disque de $1^{m}20$ de diamètre. Toutes les barres, comme on le voit, communiquent ensemble à la circonférence par l'anneau métallique; au centre ces barres sont isolées les unes des autres et portent perpendiculairement au plan du disque des appendices *g* juxtaposés et formant une surface cylindrique qui constitue un collecteur,

Ce corps induit tourne dans deux champs magnétiques formés par des inducteurs en forme demi-circulaire que l'on voit en *l l*, *k k* dans la figure 3.

Ces électro-aimants n'ont pas d'épanouissement dans le sens de la circonférence, ils sont légèrement épanouis dans le sens du rayon. Les champs magnétiques sont donc peu étendus mais très énergiques, en raison du rapprochement des pôles. La machine tourne d'ailleurs avec une très grande vitesse; aussi des précautions spéciales ont été prises contre la force centrifuge. Le plateau est relié à une poulie qui porte la courroie et lui transmet le mouvement. L'ensemble est fixé sur un bâti en fonte plan *m m*. Et ce bâti lui-même est soutenu par deux plaques *p p* (fig. 1); le tout reposé sur quatre roulettes *c c*. Cette mobilité a été donnée à l'appareil dans un but spécial : la courroie agissant horizontalement, il faut qu'elle soit très

tendue, pour ne pas tomber de la poulie; pour cela on place la machine sur un plan légèrement incliné, en sorte que son poids repose sur la courroie et maintient celle-ci à l'état de tension convenable.

Les balais qui recueillent le courant sont placés

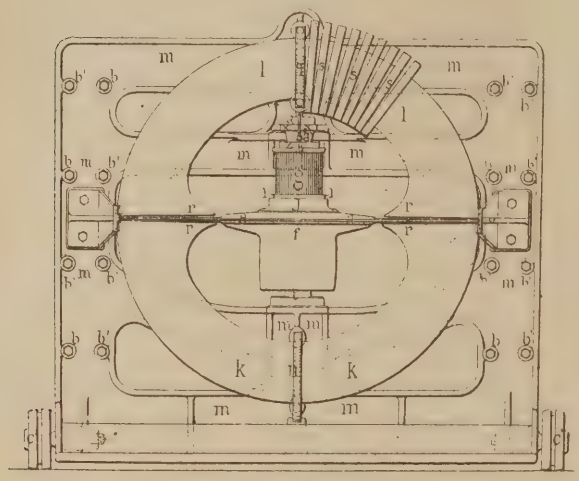


FIG. 3

aux deux extrémités d'un diamètre et montés sur un châssis tournant qui permet de les amener exactement à la position du maximum d'action.

Tous les détails mécaniques de cet appareil sont étudiés avec un soin minutieux. La vitesse de rotation devant être fort grande, des combinaisons

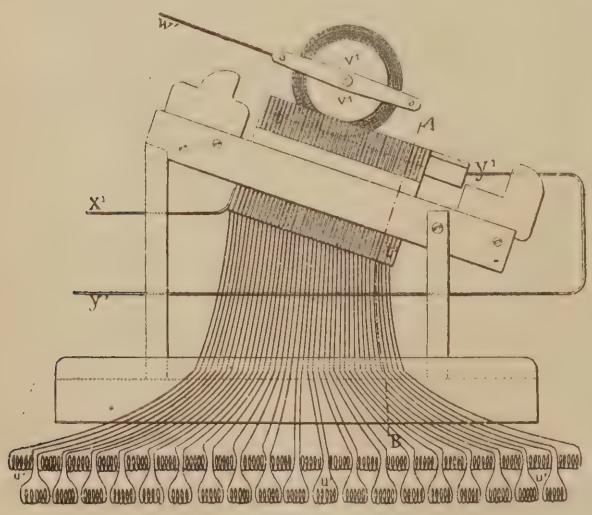


FIG. 4

spéciales de siphons avec entraînement assurent la fourniture de l'huile aux points délicats, c'est-à-dire sur les points de contact des corps tournants.

Au point de vue électrique, nous n'avons pour le moment rien à dire de cette machine, elle est encore très nouvelle, peut-être même n'est-elle pas construite, en sorte que l'expérience n'a pas encore prononcé sur ses résultats; néanmoins, il est permis de remarquer, dès à présent, qu'elle n'apporte rien de nouveau comme principe : c'est une nouvelle forme, un nouveau type de machine, mais ses

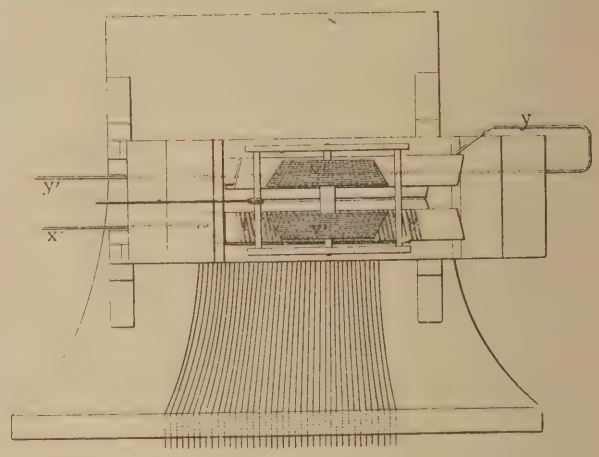


FIG. 5

dispositions essentielles ne diffèrent pas de celles que nous connaissions.

Il faut en dehors de la machine parler avec quel-

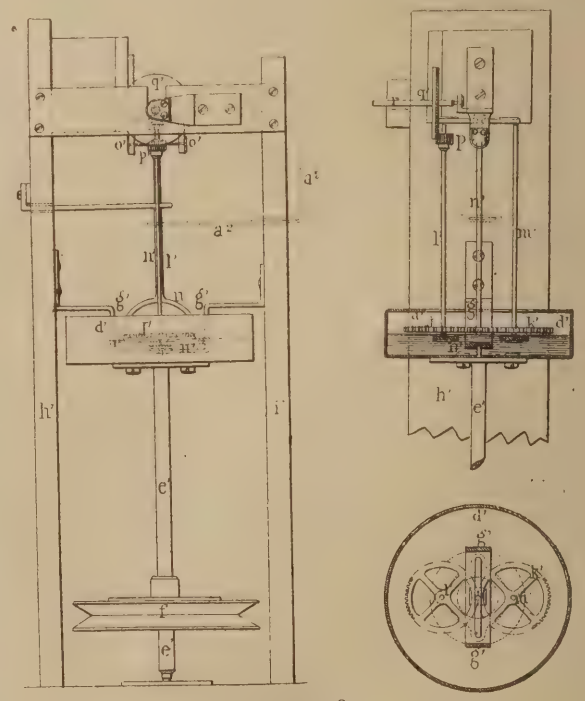


FIG. 6, 7 ET 8

que détail de dispositions combinées particulièrement pour régler suivant les besoins la force électromotrice de l'appareil.

Il faut dire d'abord que le circuit qui anime les inducteurs est monté en dérivation sur le circuit général, ou même placé sur un générateur distinct : pour régler les potentiels aux bornes, il suffira de modifier le champ magnétique en introduisant des résistances convenables dans le circuit inducteur. Pour cela, sir W. Thomson dispose ses résistances d'une façon particulière : elles sont placées en série sur l'un des côtés d'une rigole triangu-

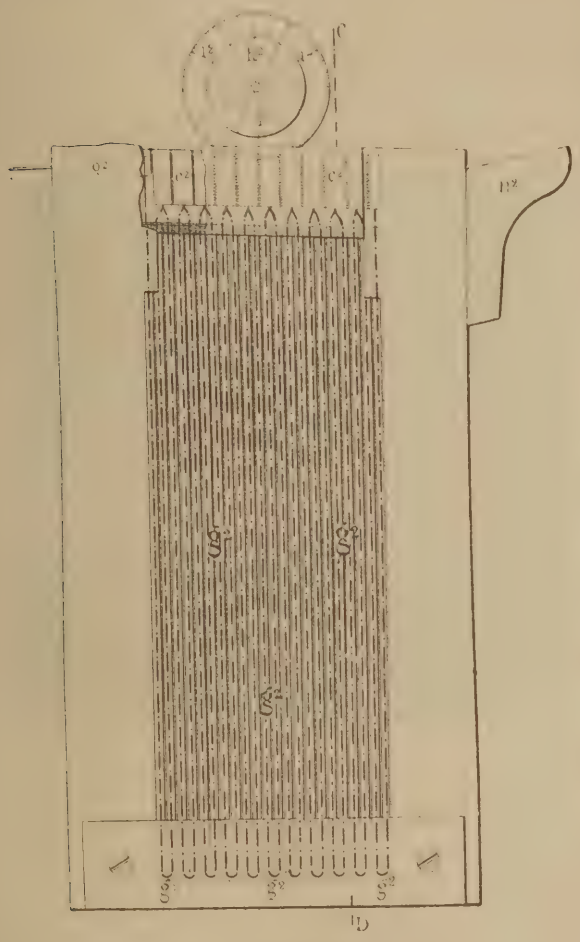


FIG. 9

laire inclinée dont l'autre côté est une plaque conductrice; le courant doit passer d'une de ces plaques à l'autre ; or il ne peut le faire qu'en passant à travers une double roulette V′ (fig. 4, 5) dont les deux côtés reposent sur les deux faces de la rigole. On voit alors que pour arriver de x' à y' le courant rencontrera des résistances différentes suivant la position de la roulette V V′ sur la rigole ; il suffit donc de régler cette situation. D'après l'inclinaison de la rigole la roulette tend toujours à descendre, elle est soutenue par une corde w' et suivant les mouvements de cette corde la roulette occupera des positions différentes. La corde régulatrice se rend à un appareil spécial qui est l'appareil régulateur mécanique.

Il se compose (fig. 6, 7, 8) d'un axe vertical e' portant un vase circulaire, une sorte de tambour, d' renfermant une certaine quantité d'huile; l'ensemble est mis en mouvement rapide de rotation à l'aide d'une poulie à gorge f. L'huile prend alors la forme d'une surface à peu près cylindrique; à l'intérieur du tambour se trouve un train de deux roues dentées j et k (fig. 7 et 8). Ces roues sont complètement indépendantes du tambour, elles sont suspendues avec leurs axes l' et m' à l'aide d'une tige n' mobile à son point d'attache supérieur. Cette tige n est reliée par une tige a^2 à un appareil électrique capable, suivant les termes du brevet, « de contrôler l'action au moyen de dispositions électriques ou électromagnétiques » ; l'action de cet appareil de contrôle est telle que suivant les cas la tige n est inclinée dans un sens ou dans l'autre, en sorte que l'une des roues j' k' ou l'autre va toucher la surface de l'huile et est en-

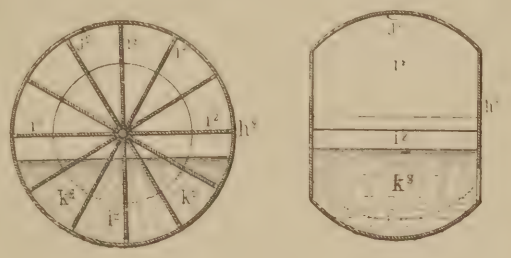


FIG. 10 ET 11

traînée dans son mouvement de rotation. Le système des roues dentées commande, à l'aide d'un pignon denté p et d'une roue q, un axe r; c'est sur ce dernier qu'est montée la corde w' (fig. 5) qui conduit la résistance variable : suivant celle des deux roues qui sera en prise, cette corde sera donc enroulée ou déroulée, par suite la résistance diminuée ou augmentée, suivant le cas.

L'inventeur a fait une application spéciale de son système de rigole à résistance variable. Lorsqu'il s'agit par exemple d'une installation d'éclairage d'une certaine étendue, il peut être nuisible à la machine génératrice que l'extinction de toutes les lampes soit opérée d'un seul coup ou même trop rapidement. Pour l'éviter sir W. Thomson introduit un extincteur (fig. 9, 10 et 11).

Il se compose d'une rigole à parois inclinées c_2 c_2 munie de résistances g_2 g_2. La communication est faite entre les côtés de cette rigole et par conséquent la fermeture du courant est opérée par l'intermédiaire d'une boîte métallique h_2 vue en coupe latérale (fig. 10) et en coupe transversale (fig. 11). C'est un récipient recoupé à l'intérieur par des cloisons radiales i_2, j_2 k_2, qui sont percées de petits trous. Une certaine quantité de mercure

est placée dans ce vase clos. Dans la marche normale, la boîte est retenue au haut de la rigole, lorsqu'on veut opérer l'extinction on l'abandonne; elle roule alors jusqu'au bas de la rigole en n_2 mais à cause du mercure elle ne peut descendre que lentement, en sorte que les résistances s'introduisent successivement et la rupture n'est opérée que lorsque la résistance totale étant déjà fort grande, le courant est affaibli et l'interruption sans danger.

Ainsi que nous l'avons dit, cette machine est encore absolument nouvelle, la haute autorité de sir W. Thomson nous commandait de la signaler aussitôt son apparition, mais il faut attendre pour se former une opinion sur elle que l'expérience ait prononcé.

FRANK GERALDY.

LES

FIGURES ÉLECTRIQUES

Posons sur un isolateur élevé, par exemple un large tube de verre, un ballon de verre très propre, rempli d'eau chaude à 60° environ, pour empêcher tout dépôt nuisible d'humidité, et touchons-le avec la boule d'une bouteille de Leyde faiblement chargée d'électricité positive.

Si nous saupoudrons la partie électrisée à l'aide d'un mélange de Villarsy (soufre et minium), nous obtiendrons une figure positive de Lichtemberg bien connue, avec deux ou trois petites branches de quelques millimètres.

Si nous répétons la même expérience avec de l'électricité négative, nous ferons apparaître deux ou trois petits disques rouges, larges de 0,5 à 1 millimètre à peine.

Si l'on augmente la charge de la bouteille de Leyde au point qu'une étincelle puisse éclater quand on touche le globe, l'électricité + donnera une petite plaque ronde très régulière de 3 à 4 cent. de largeur, mais dont les bords sont rayonnés (figure 1).

Pour expliquer la formation de cette figure, il faut admettre que des particules métalliques chargées d'électricité + sont arrachées sous forme de gaz de l'électrode pour venir se condenser à la surface du verre en gouttelettes, lesquelles forment alors les petits rayons qui partent des bords.

Cette figure ne s'expliquerait pas si l'on supposait les particules métalliques arrachées mécaniquement sous forme de poussière ou de particules solides.

L'électricité négative donne une petite plaque circulaire rouge de 2 à 3 cent. de diamètre, à contours géométriques très nets, qui est entourée d'une partie circulaire neutre, étroite.

Il est probable que cette figure a été produite par simple déplacement de l'air environnant l'électrode, sans qu'il y ait eu en même temps arrachement de particules métalliques sous une forme ou l'autre. Nous verrons cependant plus loin qu'avec des étincelles négatives suffisamment fortes il y a arrachement de particules métalliques de l'électrode.

Ce n'est qu'en opérant de la manière que nous venons de décrire qu'il est possible d'obtenir les figures de Lichtemberg dans toute leur pureté,

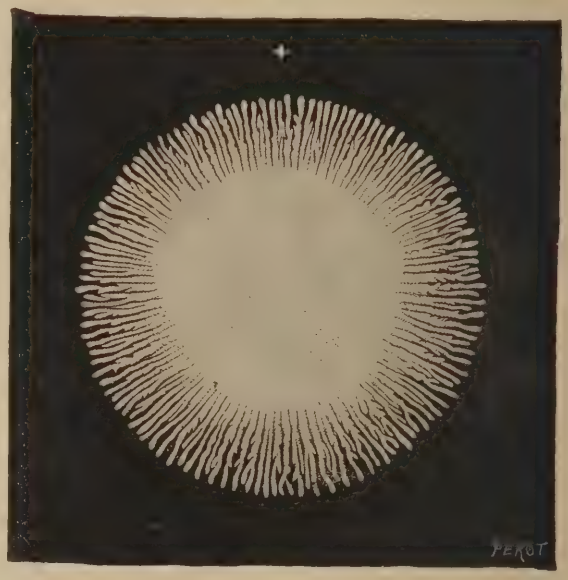


FIG. 1

sans trace de minium dans les figures +, et sans trace de soufre dans les figures —.

Si nous chargeons enfin la bouteille d'électricité + jusqu'à saturation, et que nous l'approchions vivement du ballon de verre isolé, nous ferons jaillir à distance des étincelles bruyantes, et nous trouverons, après avoir saupoudré la partie électrisée, une masse de petites étoiles dispersées irrégulièrement.

Cela s'explique en supposant que les particules métalliques détachées sous forme de vapeur de l'électrode se sont condensées en forme de gouttes avant d'avoir atteint le globe, ce qui est possible, vu la distance qui sépare l'électrode de la surface du ballon.

L'électricité négative, dans les mêmes conditions, donne une figure rouge sans contours déterminés.

Ces deux figures, en chargeant fortement la bouteille de Leyde, changent complètement d'as-

pect, quand on met l'eau contenue dans le ballon en communication avec le sol à l'aide d'une chaîne. La figure positive croît très vite, et recouvre parfois la moitié d'un ballon de deux litres; les grandes branches deviennent plus larges et sont garnies de ramifications en forme de racines. La figure négative se sépare en plusieurs régions elliptiques avec des raies au centre analogues aux nervures d'une feuille.

Si l'on approche du ballon une aiguille à coudre isolée (fig. 2), et que nous la touchions un instant avec la bouteille de Leyde très faiblement chargée, il se formera au centre de la figure négative (si l'on prend soin de répandre rapidement le mélange soufre-minium) une étoile dépourvue de poussière,

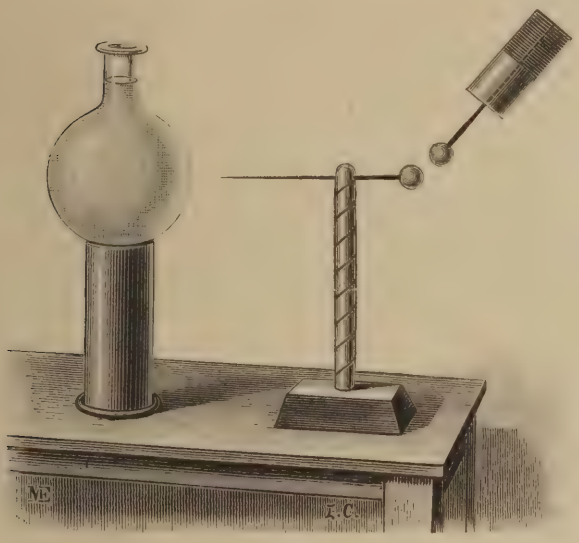


FIG. 2

aux rayons irrégulièrement recourbés et élargis aux extrémités (fig. 3).

Ces rayons se distingueront parfaitement de ceux d'une figure positive, qui sont droits et effilés.

Si l'on tarde à répandre le mélange, l'étoile se recouvre de soufre.

Recommençons l'expérience avec de l'électricité +, il se produira au milieu des rayons une partie neutre (sans poussière) au centre de laquelle on remarque une petite tache de minium. Cependant si l'aiguille ne touche pas le ballon, la tache ne se produit pas. Ici également il faut se hâter de saupoudrer la partie électrisée, sans quoi la région neutre se recouvre de minium.

Eloignons l'aiguille isolée de plus en plus du ballon, et augmentons chaque fois proportionnellement la charge + de la bouteille de Leyde, nous arriverons bientôt à une limite où, au lieu d'obtenir les rayons habituels, nous aurons une figure aux rayons également en pointe et réguliers, mais formée uniquement de petites étoiles, de traits et de points (fig. 4).

A la loupe, on distingue au centre de la figure, à

FIG. 3

l'extrémité de chaque trait, un petit point, l'autre extrémité du trait étant toujours en pointe.

Ces traits, qui ne dépassent guère 2 à 3 milli-

FIG. 4

mètres de long, sont au nombre de plusieurs milliers.

Enfin, et c'est là le point capital, si l'on touche avec le doigt l'aiguille isolée une, deux ou même

plusieurs fois avant de répandre la poussière, on obtient un, deux ou plusieurs cercles concentriques.

D'après ces premières expériences, on voit déjà que nous nous servons de charges variables, et que la formation des figures ne dépend pas seulement de la décharge des conducteurs, mais aussi de l'électricité induite dans l'air.

Les plus grandes figures peuvent être obtenues

FIG. 5 ET 6

sur des plaques de verre de 50 à 60 cent. de diamètre, dont une des faces est garnie de papier d'étain et l'autre soigneusement nettoyée.

La face garnie de papier d'étain est reliée au sol ; devant l'autre face, et perpendiculairement à son plan on dispose deux pointes métalliques isolées, distantes l'une de l'autre de 25 à 30 cent., et en contact avec la plaque. Déchargeons sur les pointes une bouteille de Leyde fortement chargée et d'une contenance de 620 cent. cubes environ ; répandons rapidement le mélange sur les parties électrisées. Il se produira à côté l'une de l'autre deux figures vigoureusement dessinées (fig. 5 et fig. 6) dont chaque branche a 8 à 10 cent. de long, sur 1 à 4 cent. de large à la base.

Généralement ces figures se développent bien et on y trouve des particularités qu'on chercherait vainement dans les figures plus petites.

Le plus souvent la figure positive est plus grande que la figure négative.

Le nombre des branches principales qui rayonnent du centre varie de 9 à 12 et ce n'est que rarement que ces limites sont dépassées en plus ou en moins.

Dans la figure positive les branches se subdivisent plusieurs fois jusqu'au bord de la figure où l'on distingue une quantité innombrable de ramifications.

Dans ces branches et sous-branches circulent des veines qui dans les branches mères, ont près d'un millimètre de largeur.

Le petit espace au centre dépourvu de poussière résulte de l'électricité négative induite par les parties voisines, et est dû à ce fait qu'on ne peut pas éloigner assez rapidement la pointe métallique. La partie centrale augmente et se recouvre de minium, si, pendant qu'on saupoudre, la pointe métallique reste en contact avec la plaque de verre ; la petite étoile qui se forme au milieu de la figure est une nouvelle conséquence de la réaction électrique.

A première vue la figure négative semble toute différente de la figure positive, mais un examen attentif y fait voir de nombreux points de ressemblance.

Toute la surface se recouvre de minium et présente des bandes en forme de doigts qui habituellement sont en même nombre que les branches dans la figure positive.

Les bandes sont recourbées en cercles, et, chose curieuse, les extrémités se trouvent souvent en regard, bien qu'il semble qu'elles devraient se repousser.

Chaque bande est arrondie à son extrémité, et est parcourue par une veine qui va en s'amincissant de plus en plus, jusqu'à près de l'extrémité de la bande. Ces veines se dédoublent aussi.

Le bord des bandes est le plus souvent nettement tracé. Il arrive que la veine se trouve dépourvue de poussière et même recouverte de soufre.

C'est suivant qu'on tarde plus ou moins à répandre le mélange, ou bien que les pointes sont restées ou non en contact avec la plaque.

Ces différents points se remarquent surtout bien si la feuille d'étain est reliée avec l'armature extérieure de la bouteille de Leyde, et si on décharge l'armature intérieure (chargée d'électricité négative) sur la pointe isolée placée devant la plaque.

Ces figures présentent alors un intérêt tout par-

ticulier (fig. 7). Elles atteignent jusqu'à 20 à 30 cent. de diamètre et sont le plus souvent entourées d'une sorte de voile et d'un anneau positifs (ce dernier n'est pas indiqué sur la figure). Elles sont composées de 35 à 40 traits confondus vers le centre et séparés nettement seulement vers les bords.

Les veines principales sont formées de 5 à 10 filets diversement colorés qu'on n'aperçoit qu'à la loupe. Quand l'image est fortement développée, elles ont l'apparence de tresses de cheveux bien lisses.

On peut admettre que ces filets ont été formés par la condensation des particules métalliques de la pointe, arrachées sous forme de vapeur; que ces vapeurs en s'étendant ont produit les bandes; que le beau voile blanc est dû à l'ébranlement de

FIG. 7

l'air, et le grand anneau, neutre le plus souvent, au rayonnement électrique.

Avec de fortes décharges, le diamètre de l'anneau atteint de 50 à 60 cent. Pour assurer sa formation, il est nécessaire de chauffer au préalable la plaque de verre, et de répandre vivement le mélange.

On peut aussi le séparer du reste de la figure : il suffit d'éloigner convenablement les pointes de la surface du verre, et dans ce cas on l'obtient même plus facilement. Mais le mieux est toujours le ballon de verre rempli d'eau chaude.

La figure positive obtenue de la dernière manière n'est pas moins intéressante. Elle n'est jamais entourée d'un anneau; son diamètre est souvent de 60 centimètres.

Il est à remarquer que les grandes branches sont enflées vers le milieu, et qu'elles sont peu ou pas recouvertes de soufre, ou même couvertes de minium à cet endroit. La moitié supérieure es blanche ou jaune.

Les branches peuvent donc présenter sur une moitié le caractère positif, sur l'autre le caractère négatif. Cela ne peut être expliqué qu'en supposant de l'électricité contraire émanant de l'air environnant et produite par induction.

Ce fait est très important, car il nous permettra plus tard d'expliquer les apparitions particu-

FIG. 8

lières qui accompagnent l'étincelle électrique glissant sur une surface.

Ces figures s'obtiennent aussi, sans le secours d'une armature en étain, en plaçant la plaque entre deux pointes. En déchargeant la bouteille sur une des pointes, on obtient une belle figure + d'un côté de la plaque et une figure — avec toutes ses particularités de l'autre côté.

Ces figures très intéressantes sont toutes semblables en grandeur, bien que les branches aient des directions différentes.

Ce résultat s'écarte des observations de M. Riess [1], d'après lesquelles la figure — n'aurait en surface que les 0,143 de la figure +.

Cette grande différence tient probablement à ce que M. Riess opérait sur des plaques très petites et que le *passage* et la *recombinaison* des deux électricités se faisaient trop facilement.

M. Bezold [2] donne de tous autres résultats, *Sur le glissement de l'étincelle électrique.*

Les figures 5 et 6 montrent comment les deux figures + et — se produisent simultanément l'une à côté de l'autre sur une plaque de verre dont la face opposée est garnie d'une feuille de papier d'étain.

Si, sans rien changer d'autre aux dispositions, nous plaçons les deux pointes métalliques qui ser-

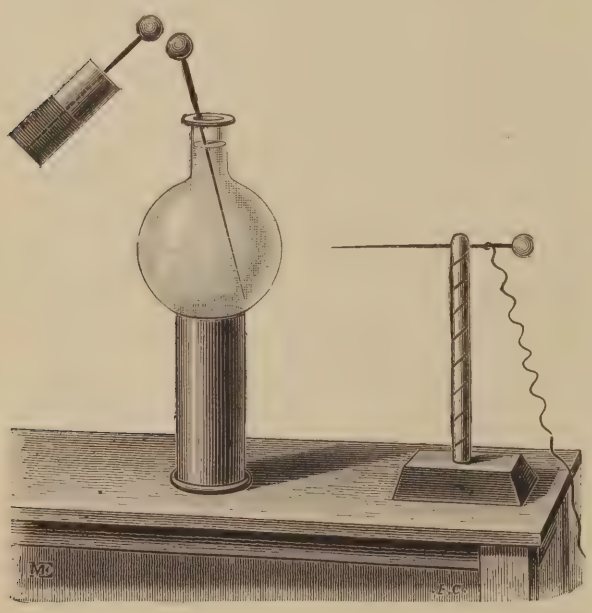


FIG. 9

vent d'électrode, assez près l'une de l'autre pour que la décharge devienne rampante, c'est-à-dire que les électricités contraires puissent se recombiner ensemble [3], nous obtiendrons une figure (fig. 8), si différente des figures 5 et 6, qu'on comprendra à première vue, qu'une décharge toute particulière a dû se produire.

La moitié positive de la figure est entourée d'une auréole dont le bord intérieur est nettement tranché, et à laquelle adhère une épaisse couche de soufre.

Autour de l'auréole se trouve un espace libre de poussière terminé par un mince bord légèrement couvert de minium.

Du milieu de la moitié positive s'étend dans toutes les directions une couche uniforme de minium qui remplit tout l'intérieur de la figure, mais sans toucher le bord. Il part en effet de ce bord un espace intermédiaire à l'état neutre qui entoure la couche.

La petite étoile au centre est une conséquence de la réaction électrique; c'est un phénomène qui accompagne toujours la décharge, mais qui n'a pas de rapport avec ceux que nous étudions en ce moment.

Le bord de la moitié négative porte des échancrures ovales; il est recouvert d'une couche de minium terminée à l'intérieur par des rayons, à l'extérieur par un contour uni.

Les échancrures extérieures du bord sont limitées par des courbes dépourvues de poussière, mais reliées entre elles.

Au delà de celles-ci s'étend un voile blanc qui a parfois plusieurs centimètres de largeur, et dont les bords sont nettement limités, et parallèles aux échancrures.

Enfin derrière, on distingue encore une sorte de nuage blanc très étroit.

Du centre de la figure partent dans toutes les directions des traits de soufre ramifiés et parfaitement développés qui s'étendent jusque près du bord de la figure.

Du bord de minium partent des franges de minium qui s'étendent, entre les traits de soufre, jusqu'à proximité du centre de la figure. Les franges et les traits sont du reste parfaitement et clairement séparés par des intervalles sans poussière.

Le chemin suivi par l'étincelle est indiqué par de larges bandes aux contours nets. On remarque que l'étincelle a franchi le bord des deux figures, et l'on distingue parfaitement l'endroit où les deux fluides se sont réunis. La trace de l'étincelle est plus longue dans la partie positive; elle y a une apparence bombée et est légèrement recouverte de minium. La trace dans la partie négative a un aspect plat; elle est presque dépourvue de poussière et est entourée de deux larges bandes parallèles de soufre.

Au point de rencontre, les deux traces changent d'aspect. On y trouve un petit espace sans poussière, uni ou en forme de V qui montre que les deux électricités se sont neutralisées à cet endroit.

Il n'y a aucun doute qu'au premier instant de la décharge, la figure 8 était identique aux figures 5 et 6. Mais déjà l'instant suivant, après la recombinaison, les électricités séparées sur la feuille d'étain de la plaque de verre, ont dû aussi se recombiner.

Il résulte de là que l'excédant d'électricité qui

(1) Riess. *Lehre von der Reibungselectricität*, livre II, § 745 et 746.

(2) Bezold. *Annales de Pogg*, t. 144, p. 354 (1871).

(3) Antolik. *Annales de Pogg*, t. 154, p. 14 (1875); *Annales de Wiedemann*, t. 3, p. 483 (1878).

est resté sur les deux moitiés de la figure se trouve abandonné à lui-même un instant et agit sur lui-même par répulsion, c'est-à-dire se repousse du centre vers les bords, formant ainsi la partie neutre, au centre des deux moitiés de la figure. Mais dans le premier moment, l'électricité disséminée sur la plaque de verre envoyait sur les corps avoisinants, notamment sur l'air, des flux d'électricité, dont les plus rapprochés se dirigent vers les parties centrales de la figure. En d'autres termes, la surface intérieure des deux moitiés se charge de l'électricité induite dans l'air au-dessus d'elle.

L'excès d'électricité libre qui se trouve sur les bords de la figure est cependant trop grand pour

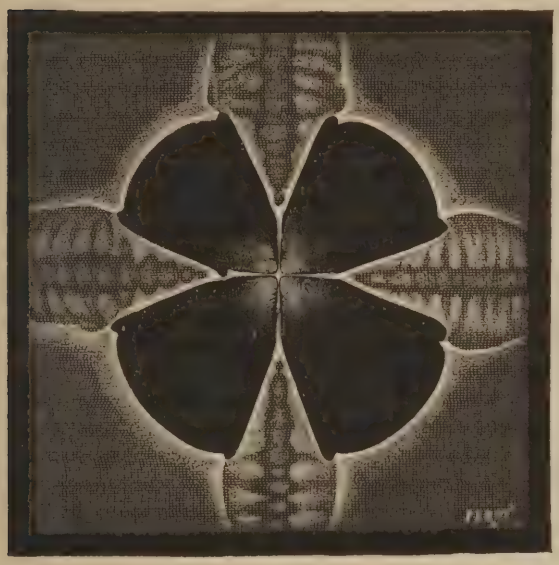


FIG. 10

être neutralisé entièrement par l'électricité induite par le voisinage.

Passons enfin aux figures produites par l'électricité *rayonnante :*

Plaçons normalement devant un ballon de verre isolé et rempli d'eau chaude, une aiguille métallique, à une distance de 10 à 50 centimètres, et mettons l'aiguille en communication avec le sol. Electrisons l'intérieur du ballon en même temps que nous saupoudrons la surface du ballon du mélange (soufre et minium), ainsi qu'il est représenté dans la figure 9. Nous obtiendrons sur le globe une série d'anneaux concentriques très réguliers, dont le diamètre varie de 5 à 20 centimètres, et cela avec les deux électricités.

L'électricité + donne des anneaux blancs et des disques rouges; l'électricité — donne des anneaux rouges et des disques blancs. Les places dépourvues de poudre sont celles où les électricités se sont recombinées.

Les dimensions des anneaux et des disques dépendent de la charge et de l'éloignement de l'aiguille; ils sont d'autant plus grands que la charge est plus forte et la distance de l'aiguille plus petite.

On peut aussi relier l'intérieur du ballon au sol et électriser l'aiguille qui, dans ce cas, doit être isolée.

Si, après avoir électrisé l'aiguille, on la touche du doigt pour la mettre en communication avec le sol, on pourra obtenir à l'intérieur du grand anneau un autre plus petit et très net, et de signe contraire du grand anneau.

Si nous plaçons devant le ballon plusieurs pointes, nous obtiendrons autant de secteurs qu'il y a de pointes.

L'inclinaison d'une pointe donne une forme ovoïde ou elliptique à l'anneau.

En plaçant en croix, devant la pointe métallique, deux minces fils conducteurs, on a la figure 10, qu'il n'est pas aisé de décrire.

Il est clair que les courants de réaction répulsive entrent pour beaucoup dans la formation de cette figure, et d'autant plus que le système de pointes et de fils est plus rapproché du ballon.

Pour obtenir de cette façon l'ombre d'un objet quelconque, on se servira de préférence d'une plaque de verre grande et nettoyée avec soin et qu'on placera entre deux pointes bien isolées. Les pointes doivent être éloignées de la plaque de 3 à 4 centimètres.

On les relie pendant quelques secondes avec les deux armatures d'une bouteille de Leyde, ou mieux avec les conducteurs d'une machine à influence; il se produira par induction sur les deux faces de verre, des anneaux concentriques de divers aspects, et l'ombre de l'objet qui aura été placé devant ces pointes.

Cette ombre ne sera pas identique à l'ombre que produirait le soleil, parce que les rayons électriques se repoussent. Si l'objet placé devant les pointes est conducteur de l'électricité, son ombre pourra être plus grande que lui, à condition que la pointe métallique se trouve très près derrière lui.

Le contraire aura lieu avec un corps isolant.

Si l'on pratique une ouverture carrée au centre d'une plaque d'ébonite, et qu'on place celle-ci devant une des pointes, de façon que les rayons électriques puissent pénétrer par l'ouverture, on obtiendra sur la plaque de verre, non pas un carré, comme on s'y serait attendu, mais un cercle un peu déformé, alors que le contour extérieur de la plaque d'ébonite se dessine avec une grande netteté.

ANTOLIK.

UN POINT
DE
L'HISTOIRE DE LA TÉLÉGRAPHIE

LES TRAVAUX DE FRANCISCO SALVA

Deuxième communication sur l'application du galvanisme à la télégraphie.

Le télégraphe à signaux a rendu de grands services en temps de guerre, tout en étant sans valeur en temps de paix, parce que les frais d'entretien dépassent les bénéfices qu'on peut en tirer par l'usage ordinaire. Parfois la situation d'une montagne nous force à multiplier les stations ou les tours d'observation dans des proportions incroyables. De Madrid à Aranguez, par exemple, une distance de sept lieues seulement, qui dans des circonstances normales ne demanderait qu'une station dans chaque ville, on a dû en placer quatre et employer quatre familles pour les desservir. Figurez-vous le nombre qu'il faudrait entre Madrid et Cadix, et bien que les circonstances ne soient pas les mêmes pour toute la distance, on devrait en installer au moins trente. Les frais d'un tel télégraphe furent estimés à deux millions de réaux en 1799, quand j'ai quitté Madrid, et cela sans tenir compte des frais d'entretien. Mais ceci n'est pas encore le plus grand inconvénient, car bien souvent le temps est humide avec du brouillard entre les stations, et alors le télégraphe n'est d'aucune utilité puisque les tours ne sont pas visibles. Dans une des séances de l'Institut national de Paris, Bonaparte déclarait avoir reçu plusieurs communications plus vite par la poste que par le télégraphe, et ceci me fut confirmé par le célèbre astronome M. Méchain ainsi que par notre confrère don Antonio Marti, qui assistaient à ladite séance.

Je fis allusion à ces défauts du télégraphe optique en 1795, en présentant à votre Excellence mon télégraphe électrique que j'eus l'honneur d'expliquer à notre famille royale ; dans la séance du mois de mai 1800 je portai à la connaissance de votre Excellence les défauts du télégraphe électrique en même temps que les avantages de celui nommé galvanique, et j'expliquai à votre Excellence comment on pourrait appliquer le galvanisme à la télégraphie.

Depuis cette date, on est arrivé à des connaissances plus précises à ce sujet, les travaux et les expériences ont été multipliés et les découvertes de tant de savants dans cette branche de la physique, n'ont pas seulement modifié mon opinion sur la possibilité indiquée, mais selon les résultats d'un grand nombre d'expériences faites dans un autre but, je trouve de grands progrès vers l'application du galvanisme à la télégraphie, ce qui sera le sujet de cette communication.

Le point sur lequel j'insistais particulièrement dans ma communication de 1800, était la distance que pouvait franchir la force galvanique au moyen d'un simple contact métallique ou en complétant le circuit d'une chaîne, et je la fixais par des expériences probablement uniques.

J'ignorais, à cette époque, l'appareil découvert ou inventé par le célèbre Volta, la pile qui porte son nom, ou selon d'autres, la pile galvanique.

Sue, l'historien du galvanisme, déclare (vol. I, page 214) qu'il est certain que, à la date du 20 mars 1790, Volta écrivit à Banck, le président de l'Académie de Londres, au sujet de cette pile, mais il est également certain qu'il corrige une erreur dans le volume II, page 112, en disant que la lettre était du 2 mars 1800, ce qui veut dire que la note sur ladite pile ne fut connue du monde scientifique que vers le milieu de 1800, et alors seulement par les écrits de Nicholson, British Library. (*Histoire du galvanisme*, par Sue, vol. I, pages 244 et suivantes.)

Humboldt ne parle pas de la pile voltaïque dans son livre sur le galvanisme, traduit par Saldelot et publié à Paris en 1799, et ce n'est donc pas étonnant si au mois de mai 1800 je n'en avais encore aucune connaissance. Cette invention rend probable la possibilité de conduire le galvanisme presque aussi loin que l'électricité d'une jarre de Leyde dont le choc se fait sentir à sept lieues, selon des expériences anglaises. En effet, si le choc d'une pile de Volta de 200 paires de disques d'argent et de zinc n'est pas aussi fort que celui d'une bouteille de Leyde ordinaire bien chargée, par contre, la sensibilité des grenouilles qu'on peut attaquer à une distance de 180 mètres, simplement en complétant le circuit comme je l'ai expliqué à votre Excellence en 1800, est assez grande pour être influencée à une distance de plusieurs lieues par la décharge. D'autre part, une grenouille qui est insensible aux expériences galvaniques une demi-heure après leur fin, est sensible aux effets de la pile cinq heures plus tard. (Sue, *Histoire du galvanisme*, page 114.)

Ainsi que Volta le démontre dans une lettre à M. de la Methérie, insérée dans le *Journal de physique* (vol. LIII, p. 309), la pile galvanique donne en une période déterminée — mettons une minute — plus de fluide que la meilleure machine électrique dans le même espace de temps, et M. Van Marum l'a prouvé en 1801 avec la machine électrique de Teyler, dont le plateau a 31 pouces de diamètre selon sa lettre à Volta, que contient le n° 120, page 283 des *Annales de chimie*. Bien qu'on n'ait pas jusqu'ici trouvé moyen de condenser le galvanisme par des appareils comme on en a pour l'électricité, comme Volta le dit lui-même et le confirme par ses expériences de Berlin (*Almacen Enciclopedico*, vol. I) le 7 prairial, an IX, cette profusion

de fluide en si peu de temps aidera beaucoup à sa propagation à de longues distances, et peut-être inventera-t-on bientôt des appareils pour le condenser d'une manière avantageuse à sa propagation.

La plupart d'entre vous, messieurs, connaissent la manière dont cette pile est composée d'une série de disques arrangés à peu près ainsi : un dollar d'argent, du cuir ou toute autre substance retenant l'humidité; un dollar ou disque de zinc, un dollar d'argent, cuir, zinc, c'est-à-dire deux disques de différents métaux se touchant, et un objet humide comme celui que je montre à Votre Excellence. Un des effets prodigieux de cette pile est, qu'en touchant sa surface avec les doigs mouillés, on reçoit un choc comme d'une bouteille de Leyde, avec cette différence pourtant, que la bouteille est si complètement déchargée au deuxième ou troisième contact de sortie qu'il faut l'attacher à la machine électrique pour la recharger, tandis que la pile de Volta comme l'électrophore du même inventeur semble être un réservoir inépuisable pour le choc.

En couvrant la pile de cire ou de résine, Volta a pu maintenir sa force avec peu de perte pendant plusieurs semaines, comme Sue le raconte (vol. I, p. 250), tandis que l'inconvénient du télégraphe électrique était la grande perte de temps en chargeant les batteries pour chaque signal.

En remplaçant ces dernières par la pile voltaïque, on n'a qu'à attacher les fils de chaque côté de la pile pour impressionner les grenouilles à l'autre bout et donner ainsi le signal télégraphique. Comme je n'ai pas l'intention de rechercher les causes qui produisent les chocs de la pile, ce qui n'appartient pas à notre sujet, aussi puisque la durée du choc, a deux points qui par eux-mêmes suffiraient pour une conférence, je ne retiendrai pas votre attention là-dessus, et je ne m'occuperai que du travail scientifique sur la pile galvanique.

Dès qu'on s'aperçut des chocs donnés par la pile, on fit de suite des efforts pour découvrir les métaux les plus propres à en augmenter la force.

M. Van Marum trouvait qu'en isolant la pile il augmentait son activité, et qu'elle gagnait également en force si elle était placée sous un réservoir en verre rempli d'oxigène pur. Les expériences faites à Berlin en 1801 prouvent que l'argent, l'or ou le zinc sont les meilleurs, bien que le cuivre soit presque aussi bon que l'argent. Brugnatelli nous assure que de tous les métaux aucun, n'a eu autant d'effet qu'un mélange de zinc et d'antimoine et l'almagame de mercure et zinc, deux parties du premier pour une du dernier. (*Journal chimique de Bruxelles*, vol. I, p. 101.)

Il n'est donc pas nécessaire de faire de grandes dépenses pour obtenir des piles d'une force prodigieuse surtout si nous considérons que les dimensions des disques n'ont rien à faire avec la force des chocs. Evidemment, une pile composée de 100 paires de disques du même diamètre qu'un real en argent donnera des chocs aussi forts que ceux d'une centaine de paires de disques de la grandeur d'une pièce de 5 francs. Les physiciens électriciens comparent la pile avec la jarre de Leyde ou avec les tableaux magiques, et sachant que le choc de ceux-ci est d'autant plus fort que la surface pourvue de substances métalliques est plus grande, ils peuvent obtenir le même résultat en augmentant les dimensions du disque. Fourcroy, Vauquelin et Thénard les ont faits d'un pied carré dans l'espoir de remplacer les disques par des briques métalliques de cette forme, et ont été surpris de constater que, malgré cette disposition, la violence du choc n'était pas augmentée.

M. Biot déclare, dans une communication à l'Institut national, que huit grandes plaques de M. Hachette employées par M. Fourcroy avaient moins d'effet qu'un nombre égal de disques ordinaires de la même dimension qu'un dollar en argent; une pile composée de douze paires de disques cuivre et zinc ne produisit presque aucune sensation sur les doigts mouillés, une faible contraction seulement, et il fut impossible d'en tirer une étincelle galvanique.

La surface de chacun de ces disques égalait plus de 80 des disques ordinaires. La fabrication en avait été confiée à M. Roard, ancien élève de l'Ecole polytechnique et professeur de physique à l'Ecole centrale de l'Oise, avec qui j'ai fait plusieurs expériences sur ladite pile. Enfin, une autre pile composée de 50 paires de disques, cuivre et zinc, donnait des chocs puissants, produisait des étincelles brillantes et excitait un goût très prononcé; la surface totale de ces 50 pièces n'est pas plus large que celle de huit disques ordinaires et toutes ensemble n'avaient pas plus de surface qu'un dixième d'un seul des disques carrés (*Journal de physique*, vol. III, p. 204). D'autres physiciens ayant obtenu les mêmes résultats, les savants sont unanimes à déclarer que l'intensité du choc dépend du nombre de pièces seulement et pas de leurs dimensions ou surfaces. Il est certain que, entre autres, Volta et Biot dont j'ai déjà parlé ont donné l'explication de ces phénomènes, mais, je le répète, je crois devoir me borner aux faits et je veux arriver à construire un bon télégraphe galvanique.

La hauteur de la pile et la manière de la tenir en équilibre ont causé quelques embarras, surtout parce que le diamètre ne devait pas nécessairement en être considérable. J'ai d'abord pensé à les renfermer entre quatre tubes en verre qui supporteraient les disques comme je l'ai montré à Votre Excellence; mais s'il fallait arriver à une grande hauteur, les tubes ne seraient pas assez longs. M. *Robertson*, ancien professeur de physique, a publié dans le *Journal de Paris* (l'an VIII, 10,

15 et 17 fructidor) une manière de les réunir ou de recevoir en même temps la décharge de trois ou quatre piles au moyen d'une bande de papier mouillé qu'il fit passer de l'une à l'autre sans déranger l'ordre des substances métalliques et de la matière humide. Notre confrère Don Antonio Marti nous a montré que, en faisant quelques piles de quatre ou six paires de disques avec des substances humides interposées et en les réunissant en haut ou en bas des piles par un disque à cheval, on peut faire tenir sur une table ordinaire un circuit galvanique de 400 paires de disques grands comme des dollars en argent qui donnera un choc que peu de personnes aimeraient sentir deux fois, ainsi que nous en avons fait souvent l'expérience en réunissant les disques de notre collègue avec les nôtres. C'était un point très important d'arriver à diminuer la hauteur de ces piles et par conséquent leur poids, parce que la matière humide ou les cuirs mouillés des disques du bas étaient trop comprimés par le poids des autres placés au-dessus en grand nombre et nous verrons tout à l'heure que dans l'intérêt du bon fonctionnement il est nécessaire de les garder bien humides et de les empêcher de sécher ou de laisser couler l'eau le long de la pile. Si on désire avoir un choc fort, le moyen le plus sûr et le plus commode est de former beaucoup de petites piles sur une table de dimensions ordinaires. Ainsi les barres ou plaques de deux métaux soudés ou réunis ensemble par d'autres moyens, dont les bouts sont placés dans des verres d'eau auxquels Volta donne le nom d'appareil ou couronne de tasses, occupent beaucoup plus d'espace qu'un nombre de petites piles sans donner un choc aussi fort, de même que Biron prétend que le choc et les autres phénomènes proviennent du nombre et de la qualité des plaques de métal dont l'appareil est composé (vol. 1, page 257).

La pile construite en forme de grande boîte divisée dont les côtés des cloisons sont composés de deux métaux soudés ensemble. a l'avantage qu'on n'a qu'à remplir les compartiments d'eau pour s'en servir, mais elle a aussi l'inconvénient qu'il est difficile de la nettoyer et d'enlever l'oxyde formé par les décharges ou par d'autres causes.

Ceci est bien certainement le côté décourageant, ennuyeux et difficile de la pile de Volta; elle produit pendant des heures les effets les plus puissants, mais selon son travail, les faces des disques métalliques se rouillent ou s'oxydent, diminuant ainsi leur effet ou le perdant tout à fait. Cet oxyde s'attache si fortement à la surface des disques que c'est un travail de plusieurs heures de l'enlever et de les rendre propres à servir de nouveau; c'est donc évidemment un travail plus grand que celui de tourner la machine électrique. Si cette rouille ou oxydation est la cause des remarquables phénomènes de la pile voltaïque, comme le prétendent plusieurs chimistes, il est inutile de chercher les moyens d'empêcher sa formation, de même que si, comme d'autres le pensent, ladite oxydation n'est pas la cause, mais l'effet d'une décomposition d'eau pendant le travail de la pile et de la formation d'oxygène sur les disques. En attendant un meilleur procédé pour nettoyer les disques avec plus de rapidité, il importe de noter les efforts qui ont été faits pour diminuer le nombre des substances métalliques employées dans la pile voltaïque ainsi que les autres piles qui ont été construites sans aucun autre métal.

En supposant possible la découverte d'une manière de construire la pile voltaïque avec un seul ou même sans aucun métal, je ne considère en ce moment que la facilité qu'il y aurait dans l'application de la pile à la télégraphie, puisqu'on ne perdrait plus le temps à gratter les disques et à en extraire le gaz, même si cette invention allait détruire les théories émises par les physiciens dont j'ai parlé. Je considère également ce qui pourrait être fait pour comprendre les conducteurs eux-mêmes dans la pile afin de pouvoir ainsi envoyer le choc à une grande distance.

Examinons maintenant ce qui a été fait sur ce sujet. M. Gautherot a commencé par découvrir qu'on pouvait construire de bonnes piles avec un seul disque en métal et du charbon séparés par une matière humide. Après vient la découverte du même physicien en les faisant de charbons de bois et d'ardoise en poudre, toujours séparés d'une substance humide, ainsi qu'il nous en informe dans une communication sur ce sujet fort louée par MM. Fourcroy et Vauquelin, de l'Institut national. Mais auparavant le professeur anglais de chimie, Davy, avait découvert qu'en faisant alterner la substance humide avec des disques d'un seul métal les effets de la pile voltaïque ont été obtenus comme il l'a communiqué à la Société Royale de Londres, le 18 juin 1801. M. Pfaff de Kiel a également construit une pile voltaïque avec un seul métal, du soufre et des substances humides. Mes occupations ne m'ont pas permis de constater s'il n'y a pas quelques exagérations dans les déclarations de ces personnes, c'est-à-dire si les effets de ces nouvelles piles égalent ceux produits par la pile en métal de Volta. Mais même si elle ne sont pas toutes de la même valeur, il en résulte toujours qu'en dehors du métal il existe encore d'autres matières qui produisent des effets galvaniques, et qu'il n'est, par conséquent, pas impossible qu'on puisse en trouver d'autres aussi bonnes qui aideront encore à l'application du galvanisme à la télégraphie.

Bien qu'il soit indifférent d'employer des disques en carton, du drap ou toute autre composition, il est nécessaire qu'ils ne soient pas secs ni impré-

gnés d'huile, car, selon M. Butet, le circuit voltaïque ne produit aucun effet dans ce cas. En commençant nos expériences par mouiller les cartons avec de l'eau seulement, nous verrons qu'il est nécessaire d'y ajouter les substances que je vais nommer.

Volta a prouvé d'une manière absolument concluante, qu'en réalité, certaines substances ajoutées à l'eau qui circule entre les disques augmentent les phénomènes de la pile. Il a formé le circuit qu'il nomme une couronne de tasses avec trois douzaines de verres, et en les remplissant d'eau pure ou d'eau chargée de différents sels, il a démontré l'augmentation évidente des effets obtenus de cette manière et il l'explique en détails dans une lettre à M. de la Metherie insérée dans vol. LIII, p. 309 du *Journal de Physique* de Paris.

Les substances que les différents physiciens ont mêlées à l'eau ont été le chlorure de sodium, le chlorhydrate d'ammoniaque, le sulfate d'alumine et de fer, la potasse seule et les acides sulfurique, nitrique et chlorhydrique plus ou moins étendus. Mais Volta a déclaré positivement à l'Institut national de Paris que de toutes les substances il préfère ajouter le chlorhydrate d'ammoniaque à l'eau pour produire des chocs violents par la pile qui porte son nom. Je me borne aux mots *choc violent*, parce que l'expérience a déjà montré que la pile qui donnait les plus fortes secousses n'était pas la meilleure pour d'autres effets, et particulièrement pas pour un des effets qui pourrait servir aux signaux télégraphiques.

Certainement, la combustion des métaux et la décomposition de l'eau provoqués par la pile voltaïque, sont les effets dont nous avons à nous occuper, car pour la combustion des métaux le résultat obtenu est le même si la pile se compose de disques ou de carrés de plus grande dimension. Au moyen de leurs grandes plaques, Fourcroy, Vauquelin et Thénard ont prouvé que l'intensité des chocs et la décomposition de l'eau dépendent du nombre de disques, mais que la combustion des métaux est réglée par les surfaces, car ils n'ont pu obtenir cette dernière que par leurs grandes briques métalliques.

Bien que les expériences tendent à nous faire croire que la sensibilité des grenouilles les rend particulièrement appropriées pour envoyer des signaux à une longue distance, comme on n'a fait jusqu'ici aucun essai avec la combustion des métaux, nous ignorons encore le résultat qu'elle donnerait. Il paraît probable qu'avec de longs conducteurs on pourrait également produire la décomposition de l'eau qui a déjà été remarquée même dans les piles voltaïques qui ne produisaient guère de choc, comme celle composée de 36 paires de disques et qui a été vue d'abord par *Nicholson*. Cette décomposition de l'eau s'obtient en faisant passer la décharge de la pile entre deux fils éloignés un peu l'un de l'autre et placés dans un vase rempli d'eau. Les fils passent à travers des bouchons couverts de cire à cacheter et fixés aux bords du vase en verre. Les bouts de ces fils sont à un pouce l'un de l'autre et quand la décharge passe entre eux, on aperçoit de petites bulles qui partent du fil relié avec le disque en cuivre ou en argent et qui sont reçues par le bout de l'autre fil en communication avec le disque en zinc. Il a été prouvé que dans ce cas le bout du fil qui communique avec la partie de la pile terminée par le zinc donne des signaux plus distincts que celui relié à l'argent. Celui qui vient du zinc est couvert de petites bulles de gaz hydrogène et celui qui vient de l'argent porte une couche de rouille ou d'oxyde. Je poserai ici la question de savoir si cette différence de signaux prouve que l'argent est électrisé à un plus haut degré que le zinc par le contact des deux métaux. Volta semble l'avoir prouvé absolument au délégué de l'Institut national de Paris.

Ce qu'il me faut est justement cette différence de signaux observés aux bouts des fils dans le tube en verre, car la différence de la décomposition de l'eau qui provient du fil zinc et de l'autre fil relié à l'argent nous permettrait d'éliminer la moitié des conducteurs dans le télégraphe galvanique. C'est dans ce but qu'ont travaillé des physiciens comme *Cruikshank*, *Ritter*, *Pfaff*, et *Fromsdorff* qui ont entrepris de découvrir l'espèce d'eau à employer et de quel métal il fallait composer les fils ; mais sans m'arrêter plus longtemps sur ce point, je vais expliquer les signaux qui sont nécessaires.

Supposons que le fil supérieur dans un tube perpendiculaire en verre donne le signal A quand on le touche avec le zinc, c'est-à-dire quand il dégage des bulles de gaz, et qu'il donne la lettre B quand on le touche avec l'argent ou en d'autres mots quand il est oxydé. Par la différence de signaux indiqués je pourrai savoir à une grande distance quel métal vient d'être touché et six fils suffiraient pour établir le télégraphe galvanique dont les frais seraient ainsi considérablement réduits.

Il est assez difficile d'expliquer ceci sans figures, mais j'essayerai de me faire comprendre par des expériences. Je ferai seulement remarquer qu'il est plus important dans les expériences galvaniques que dans les électriques d'avoir des conducteurs absolument sans rouille ou oxyde, il faut donc soigneusement protéger les fils du télégraphe galvanique contre toute oxydation.

J'ajouterai que les fils capables de transporter le choc électrique d'une bouteille de Leyde n'ont pas pu servir pour communiquer la décharge d'une pile voltaïque de 100 paires de disques métalliques à la grenouille la plus sensible, comme j'ai pu le constater plusieurs fois en faisant des expériences avec les 350 mètres de fil qui m'ont servi en 1800

à faire mes expériences devant Votre Excellence.

Ces fils s'étant couverts de rouille pendant les dernières années, ne me sont d'aucune utilité dans mes expériences galvaniques, et enfin pour pouvoir m'en servir de nouveau, il faut enlever les bandes de papier qui les entourent, comme Votre Excellence l'a vu, les nettoyer de toute rouille et remettre les bandes de papier. Le temps m'a fait défaut pour un si grand travail, et je n'ai donc pu faire qu'une partie des expériences désirables.

Malgré tout, Votre Excellence pourra conclure de mes observations que les expériences des plus grands savants de l'Europe ne condamnent nullement mon idée d'appliquer le galvanisme à la télégraphie.

DON FRANCISCO SALVA.

22 février 1804.

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

DANS LES

GALERIES DE PEINTURE

L'installation de M. Georges Petit, rue de Sèze

Depuis le 14 décembre dernier, la salle d'exposition de peinture de M. Georges Petit est éclairée le soir au moyen de lampes à incandescence que la Société Edison vient d'y installer.

Depuis que la lumière électrique est entrée dans le domaine de l'industrie, l'éclairage des musées et des expositions de peinture est un problème que se sont posé dès le début les électriciens, et qui, malgré toutes les nombreuses tentatives plus ou moins réussies qui furent faites dans ces derniers temps, ne paraît pas encore avoir été résolu d'une manière définitive. A Paris, on se rappelle que le premier essai sérieux remonte à l'année 1880, où les bougies Jablochkoff furent installées au Palais de l'Industrie pendant toute la durée du salon. Les bougies alors étaient fort en honneur; elles paraissaient devoir prendre une très grande extension, et comme c'était en somme l'engin le plus simple et le plus rustique dont on disposait, on s'empressa de les adopter un peu pour tout et partout. Pour le service des voies publiques et des grands espaces, elles furent justement accueillies avec faveur; elles trouvaient là, en effet, ainsi que dans les ateliers, leur place véritable; mais leur apparition au Palais de l'Industrie souleva de très vives critiques. Le public, d'un côté, se plaignit de leur marche irrégulière qui fatiguait les yeux, et les artistes trouvèrent, avec juste raison, que la lumière violette des bougies venait gâter l'éclat de leurs toiles en modifiant les tons et en changeant les couleurs. Ces reproches, il faut le dire, étaient mérités; si les bougies Jablochkoff donnèrent de bons résultats pour l'éclairage des sculptures, leur essai dans les galeries de peinture fut loin d'être excellent, et, en dépit de quelques enthousiastes qui protestèrent quand même, l'année suivante il n'en fut plus question. Cependant le problème était posé, sa solution était nécessaire : il fallait le résoudre. S'il était facile dans les expositions et les musées de trancher la difficulté en fermant les portes au coucher du soleil, ce n'était, en somme, qu'un expédient qui n'était point partout possible. A l'Opéra, par exemple, les peintures du foyer n'étant visibles que le soir, il leur fallait un éclairage artificiel, et le gaz, employé dès l'origine, commençait son œuvre destructive en accumulant peu à peu le noir de fumée. C'est alors que l'emploi de la Lampe-Soleil fut mis en essai. Les résultats, on s'en souvient, furent concluants; la lumière chaude et colorée des foyers ne présentait plus l'inconvénient de la bougie Jablochkoff, et la fixité de la lumière étant parfaite, M. Garnier n'hésita pas à déclarer dans une lettre rendue publique que la Lampe-Soleil donnait « *la plus belle lumière qui puisse être employée pour l'éclairage d'œuvres d'art et de galeries de luxe.* » Malheureusement, cette application ne fut pas définitive par suite de considérations étrangères à la qualité des foyers, et, aujourd'hui encore, le gaz noircit quatre fois par semaine les peintures de Baudry.

L'année suivante le comité électrotechnique de l'exposition de Munich reprit l'étude de la question. Plusieurs systèmes furent mis en avant, et notamment celui de M. Oscar Von Miller qui préconisait l'emploi d'un petit nombre de foyers de haute intensité, rayonnant vers le plafond pour répandre uniformément la lumière adoucie sur tous les points de la salle. Je ne sais pourquoi cette solution ne fut point adoptée; à mon avis, elle eût pu donner des résultats sinon excellents, du moins bien préférables à ceux des foyers de Schuckert, qu'on employa dans la salle des tableaux comme ailleurs.

C'était, somme toute, un pas fait en arrière, la bougie, à mon sens, valant mieux; et il y a d'autant plus à le regretter qu'à côté même de la salle en question, on rencontrait un atelier de dessin et de sculpture, où les lampes à incandescence donnaient un charmant effet sur lequel la critique ne trouvait plus prise. Le docteur Soulages en a rendu compte dans ce journal; je n'y reviendrai pas.

Les lampes étaient disséminées par petits groupes, des réflecteurs projetaient la lumière sur les modèles et de petits abat-jour la concentraient sur les pupitres. Il en résultait évidemment des points obscurs dans diverses parties de l'atelier, mais comme une égale répartition n'était nullement nécessaire dans ce cas, on pouvait se rendre compte

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DE L'EXPOSITION DE LA RUE DE SÈZE

que pour l'éclairage d'œuvres d'art une nouvelle solution venait s'ajouter à celle qu'avait à l'Opéra de Paris donnée la Lampe-Soleil. Les mêmes avantages se retrouvaient en effet dans la lampe à incandescence; une lumière chaude et faiblement colorée n'atténuant en rien le ton des couleurs; de plus une fixité complète pouvant ménager la vue des spectateurs sans l'éblouir.

Néanmoins, le public comme les artistes eux-mêmes, accepta complètement cette nouvelle application.

A la même époque, un artiste bavarois avait fait installer un foyer de Schuckert dans son atelier, et avait pendant la nuit exécuté plusieurs portraits qui, paraît-il, avaient permis de constater que dans ces conditions, l'harmonie des couleurs, la finesse des modelés pouvaient être obtenues. La chose est évidemment possible; mais elle ne prouve rien.

De ce qu'on puisse à la lumière d'une lampe à arc exécuter un tableau, il ne s'ensuit pas que les effets ainsi produits puissent intégralement se retrouver à la lumière du jour; l'harmonie qui existe dans un cas ne se retrouve pas entière dans l'autre; les modifications que le changement de milieu amène seront plus ou moins profondes; mais elles seront : c'est forcé, et comme le soleil est encore le meilleur foyer dont nous disposions, c'est à ceux qui nous donnent, autant que possible, la même coloration de lumière, que nous devrons dans le cas d'œuvres d'art, et surtout de peintures, donner la préférence.

A ce point de vue, la lampe à incandescence offre de grands avantages, aussi est-ce à elle que M. George Petit vient d'avoir recours pour remplacer le gaz dans sa galerie de la rue de Sèze.

Le nombre de lampes est de 270 environ, à savoir, 23 de 10 bougies et de 200 ohms; 180 type B de 8 bougies et de 70 ohms; et de 170 du type A, équivalant à 16 bougies chacune, et présentant une résistance de 140 ohms.

Leur répartition dans la salle est assez ingénieuse. Elle est obtenue par une ligne brisée de 23 lustres parallèle aux trois murs où sont actuellement accrochées les œuvres en exposition. En outre, au centre de la pièce est suspendu un gros lustre supportant une vingtaine de lampes et possédant en plus quelques becs de gaz qui ne sont là que pour la sécurité, au cas où une chute de courroie ou tout autre accident de ce genre amènerait une extinction momentanée. L'aspect général est très satisfaisant. Chaque lustre éclaire fortement la portion devant laquelle il se trouve, tout en envoyant une partie de sa lumière vers le milieu de la salle qui ne peut être laissée dans l'ombre. Pour cela, sur les 9 lampes que porte chacun d'eux, 5 d'entre elles sont munies de réflecteurs concentrant la lumière sur le mur, tandis que les quatre autres concourent à l'éclairage général. De la sorte, les peintures exposées se trouvent fortement éclairées, sans que pour cela le public paraisse être dans une sorte de pénombre, et la hauteur des foyers ainsi que l'inclinaison des tableaux sur les murs est telle, que les spectateurs peuvent s'approcher aussi près qu'il leur plaît sans avoir à craindre qu'une réflexion sur le verre n'amène directement à l'œil les rayons émis des lampes.

Le courant est produit par une machine dynamo Edison du type de 120 lampes A et qui absorbe environ une force de 25 chevaux. Elle est mise en mouvement par une locomobile située dans le sous-sol, en attendant que la machine Weyher et Richemond que l'on monte, soit entièrement installée; et il y a tout lieu de regretter que celle-ci ne l'ait pas été dès le début.

La locomobile en service est, en effet, une vieille machine dont la marche très irrégulière entraîne des variations considérables dans l'intensité lumineuse, au point de fatiguer par moment la vue du public. Dans de telles conditions, l'installation pourrait être jugée défectueuse; mais il est probable que les considérations qui ont empêché le montage immédiat de la machine qui va sous peu de jours être mise en service, ont été imposées aux ingénieurs de la Société Edison, et il est hors de doute pour qui connaît la qualité des engins employés, que l'inconvénient signalé à l'heure actuelle, disparaîtra complètement quand on aura pu donner à la marche de la dynamo toute la régularité qu'elle exige. Cette réserve faite, nous pouvons sans arrière-pensée dire tout le bien que nous pensons de cette élégante installation de la rue de Sèze.

Après avoir visité l'exposition pendant le jour, nous y sommes retourné le soir même, et les effets de couleurs qui nous avaient frappé à notre première visite, ne nous ont pas paru être modifiés sensiblement sous le feu des lampes à incandescence.

Désormais la voie est bien indiquée pour toute installation d'éclairage de ce genre. Il serait peut-être intéressant d'essayer le système dont nous parlions plus haut, en utilisant la lumière de gros foyers rayonnant vers le plafond; l'effet pourrait être bon, mais l'application rencontrerait une assez grosse difficulté. Les galeries de peintures reçoivent en effet leur jour par le vitrage d'en haut, et on serait obligé de se servir d'un plafond mobile, qui, tout en étant défectueux au point de vue décoratif, entraînerait nécessairement une mauvaise utilisation de l'intensité lumineuse.

On ne peut contenter tout le monde et les peintres, écrivait un électricien bien connu lors de l'application des bougies au Salon de 1880; c'est une vérité profonde évidemment, mais pourtant je ne crois pas que les exposants de la rue de Sèze aient à se plaindre de ce qu'on a fait pour eux; le public

afflue chaque soir chez M. Georges Petit, et seuls les becs de gaz du couloir d'entrée jaunissent de jalousie.

P. CLEMENCEAU.

REVUE DE L'EXPOSITION DE VIENNE

LES APPAREILS DE MESURES

Deuxième article. (*Voir le numéro du 9 février* 1884.)

Boussoles des sinus et des tangentes.

Les appareils de mesure que l'on pourrait désigner d'une façon générale sous le nom d'appareils *classiques* étaient en très grand nombre à l'Exposition de Vienne. Les vitrines de MM. Edelmann, Hartmann et autres constructeurs allemands en présentaient une foule de types divers de construction très soignée et que nous avons eu déjà l'occasion de signaler en rendant compte de l'Exposition de Munich. Il serait trop long de passer

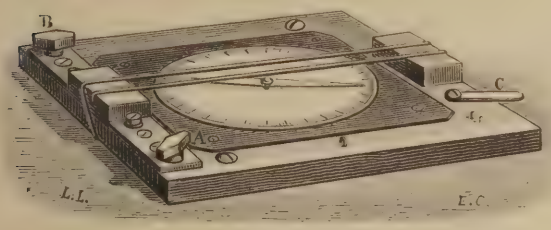


FIG. 12

en revue tous les appareils de ce genre et nous nous contenterons d'en signaler quelques-uns.

Mentionnons d'abord une boussole très simple de la construction de MM. Siemens et Halske. Une aiguille aimantée montée simplement sur une planchette (fig. 12) est entourée simplement de deux tours de fil tenus à distance par les blocs même sur lesquels ils sont enroulés.

L'instrument ainsi monté est d'une grande rusticité et convient très bien à des opérations de peu de précision telles que l'essai des piles.

Des mêmes constructeurs nous signalerons encore une boussole des sinus et des tangentes d'un modèle bien différent de ceux auxquels nous sommes habitués. La boussole proprement dite et l'anneau garni de fils sont fixés (fig. 13) dans un plateau métallique mobile dans un épais cercle gradué que supportent trois pieds à vis calantes. Une poignée, représentée à droite de la figure, permet de tourner le plateau central de façon à ramener le cadre galvanométrique dans le plan où se trouve l'aiguille après sa déviation. Le cadre porte deux fils : l'un de $1^m/^m339$ de diamètre fait 16 tours; l'autre de $0^m/^m25$ de diamètre fait 1050 tours.

Quand l'instrument doit servir de boussole des

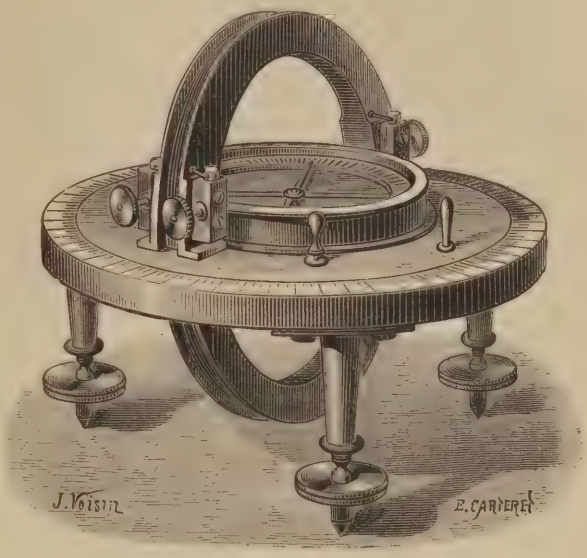


FIG. 13

sinus, il porte une aiguille longue; quand on veut l'employer comme boussole des tangentes, on remplace cette aiguille par une autre beaucoup plus courte. En tournant une manette placée sur le plateau central on peut faire monter de chaque côté de l'index une goupille faisant butoir.

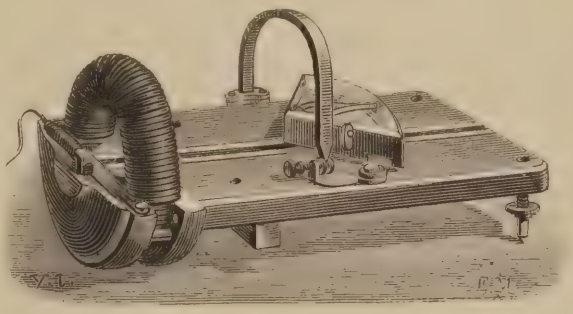


FIG. 14

Aux boussoles des sinus et des tangentes se rattachent les appareils de sir William Thomson qui, par leur disposition, rappellent ces derniers instruments, mais sont cependant gradués de manière à servir de galvanomètres industriels. La fig. 14 en donne une idée générale : une planchette en bois que deux vis calantes permettent d'ajuster de niveau sert de support à une boussole qui peut être amenée à différents points de sa longueur, et elle

se termine à une de ses extrémités par la bobine circulaire destinée à agir sur la boussole, serrée entre deux demi-disques de bois. C'est pour ainsi dire une boussole de Pouillet dans laquelle, au rebours de ce qui a lieu d'ordinaire, le cadre serait fixe et la boussole mobile.

La bobine est simplement formée par des fils disposés en tore et retenus ensemble par un enroulement transversal de ruban. Quand l'appareil doit servir comme voltmètre, elle est en fil de maillechort, formant 7000 tours et présentant une résistance de 5 à 6000 ohms ou même plus. Le

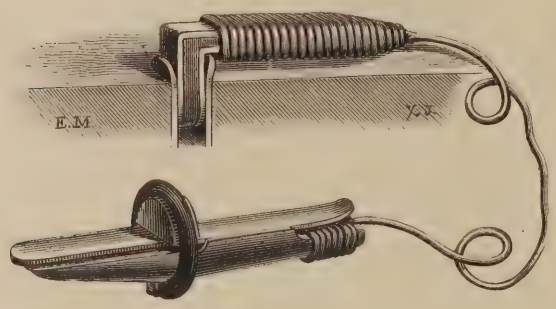


FIG. 15

tore a un diamètre intérieur de 6 centimètres et un diamètre extérieur de 14 centimètres. La boussole a son aiguille formée de 4 petites aiguilles en acier, supportant un index en aluminium. Celui-ci, formé de deux lames disposées en fuseau, se meut au-dessus d'une glace sur laquelle est collée la graduation, ce qui permet, dans les lectures, d'éviter les erreurs de parallaxe.

Outre la graduation que porte la boussole, il y

FIG. 16

en a une autre marquée sur le côté de la rainure centrale le long de laquelle elle se meut.

La graduation est faite de telle sorte qu'en supposant l'instrument placé dans un champ magnétique égal à 1 unité C.G.S., la boussole étant à la distance 1 du cadre, pour une différence de potentiel aux bornes de 1 volt, la déviation soit égale à 1. A une distance 2 la déviation 1 correspond à une différence de potentiel de 2 volts et ainsi de suite. Dans ces conditions, l'intensité du courant est proportionnelle directement à l'intensité du champ magnétique, et aux lectures sur la boussole et inversement aux lectures sur la planchette.

En appelant M l'intensité du champ magnétique, B le nombre de divisions lu sur la boussole, P le nombre de divisions lu sur la planchette et E la différence de potentiel aux bornes, on a

$$E = M \frac{B}{P} \text{ volts}$$

Le champ magnétique dont M représente l'intensité étant le champ magnétique terrestre, est variable et peut être influencé par des conditions locales; il est donc utile pour un appareil donné de pouvoir déterminer M. Pour cela on met les bornes de l'appareil avec un appareil fournissant une différence de potentiel connue, ce qui peut se faire soit avec un système analogue au potentiomètre de Clarke, soit avec une pile de force électromotrice connue et de résistance négligeable. On a alors, d'après l'équation ci-dessus,

$$M = E \frac{P}{B} \text{ unités CGS.}$$

Dans certains cas, on peut ajouter au galvanomètre un aimant directeur que l'on voit représenté dans la figure en forme de demi-anneau; il donne un champ magnétique plus intense et soustrait en grande partie l'appareil au champ magnétique terrestre et aux influences extérieures. La valeur du champ magnétique ainsi obtenu est généralement marquée sur l'aimant; elle peut d'ailleurs être déterminée à nouveau, comme nous venons de l'indiquer.

La boussole étant à la position extrême et n'étant soumise qu'à l'influence du champ terrestre, l'appareil peut indiquer une différence de potentiels de 120 volts, mais la portée de l'instrument peut être augmentée à l'aide de l'aimant directeur. A la position 4, une différence de potentiel de 1 volt donne une déviation de 22°, et comme on apprécie le $\frac{1}{5}$ de division, on peut donc mesurer $\frac{1}{100}$ de volt.

Les extrémités du fil aboutissent à deux lames, formant les deux côtés d'une ouverture pratiquée dans le socle. Entre ces deux lames faisant ressort s'introduisent (fig. 15) deux autres lames séparées par une matière isolante et réunie, par un petit câble formé de deux fils souples, à deux pinces dont une seule est représentée sur la figure. Ces deux pinces composées de deux parties serrées l'une contre l'autre par une bague de caoutchouc peuvent serrer un conducteur de forme quelconque aux points entre lesquels on veut mesurer la différence de potentiel.

Quand l'appareil doit servir d'ampèremètre, la disposition générale est la même, mais le fil fin est remplacé par une lame de cuivre de 12 m/m de largeur sur 1 m/m,5 d'épaisseur. Le tore a 10 cent. de diamètre et comprend 6 tours, séparés par du papier d'amiante. Cette disposition est adoptée lorsque le galvanomètre doit servir entre 1/10 et 100 ampères. Pour 1000 ampères, on se sert d'un simple anneau de cuivre.

Les extrémités de la lame du tore se réunissent par deux cordons souples à deux lames séparées par un isolant (fig. 16). D'autre part, les points du circuit entre lesquels on veut intercaler à un moment donné l'ampèremètre sont reliés également à deux lames légèrement courbées (fig. 16) et qui, pressées l'une contre l'autre par une bague en caoutchouc, ferment le circuit. Soit qu'on introduise dans cette pince les lames de l'ampèremètre

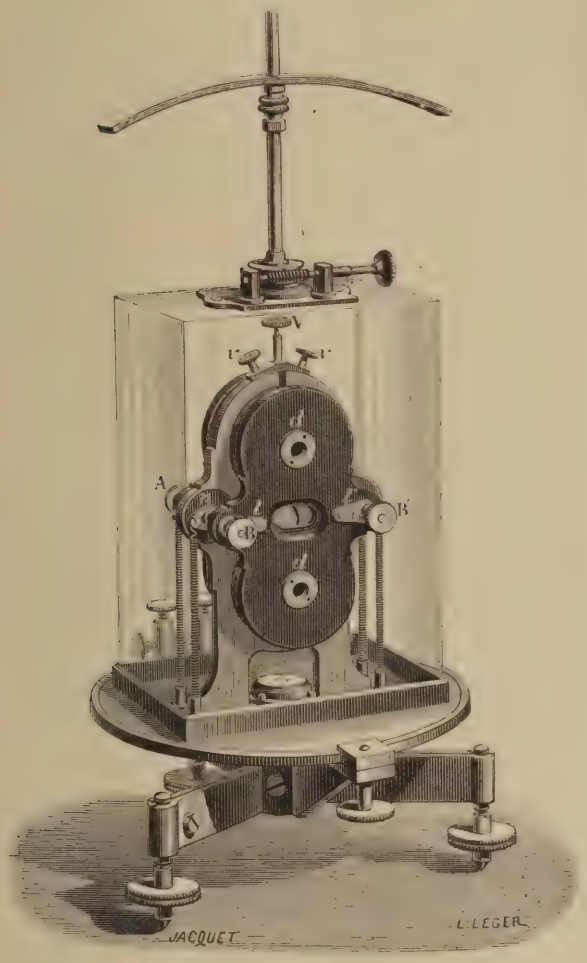


FIG. 17

ou qu'on les en retire, le courant ne se trouve jamais ouvert. On peut donc intercaler le galvanomètre dans le circuit et l'en retirer sans jamais rompre ce circuit, ce qui est un réel avantage.

Dans le cas de l'ampéremètre, en conservant aux lettres MB et P la valeur indiquée plus haut, et appelant I l'intensité du courant, la formule devient

$$I = M \frac{B}{P} \text{ ampères.}$$

Pour les deux appareils, l'instrument porte gravée sur sa planchette la température pour laquelle ses indications sont exactes ; en outre, un tableau livré avec l'appareil permet de les corriger lorsqu'on opère à une autre température.

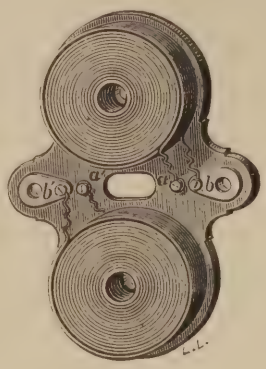


FIG. 18

Galvanomètres à miroir.

Parmi les appareils de ce genre figuraient surtout des modèles divers du galvanomètre bien connu et aujourd'hui si employé de Thomson. Nous avons déjà décrit (*La Lumière Electrique*, numéro du 22 juillet 1882, p. 84) le modèle de cet appareil construit par la maison Siemens et Halske. Nous citerons, en outre, comme très ingénieusement combiné, le modèle de galvanomètre à quatre bobines exposé par M. Carpentier.

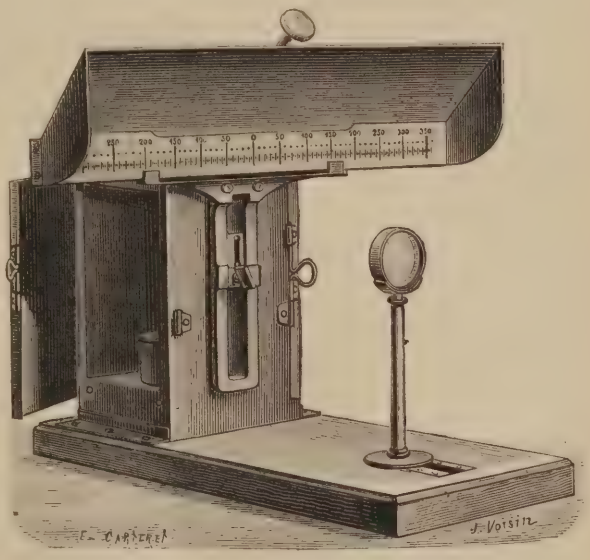


FIG. 19

Les figures 17 et 18 représentent cet appareil. Ce qui le distingue des précédents, c'est la facilité avec laquelle on peut le démonter et rendre accessible l'équipage astatique. Au point de vue de

la construction, les quatre bobines forment deux paires, l'une antérieure, l'autre postérieure. Ces deux paires sont montées chacune sur une plaque d'ébonite en forme de 8 et les plaques d'ébonite enfilées sur des tiges A, B, A′, B′ sont maintenues par des écrous AA′, BB′ contre un support central dans lequel se trouve renfermé le système astatique. Dans ce dernier, le miroir est placé entre les deux aiguilles aimantées, ainsi qu'une ailette d'amortissement, et se trouve en face d'une ouverture ménagée dans la plaque d'ébonite antérieure.

La figure 18 montre cette plaque enlevée de l'appareil et retournée et laisse voir ainsi les deux bobines qui, montées chacune sur un canon fileté intérieurement, peuvent être vissées sur les pièces *dd*. Ce dispositif permet de remplacer facilement une bobine par une autre.

Quand la plaque *ll′dd* est enlevée, l'équipage astatique se trouve à découvert. Il est logé dans une fente verticale du support central et suspendu entièrement à la vis de réglage V que l'on peut enlever de l'appareil en desserrant les deux vis *vv*. On peut donc séparer tout le système de l'appareil pour lui faire subir une modification quelconque et l'y remettre avec la plus grande facilité.

L'appareil est en outre combiné de façon que, si l'on a enlevé les deux plaques d'ébonite, en les remettant en place, on opère forcément les communications nécessaires pour relier ensemble d'une part, les deux bobines supérieures, d'autre part, les deux bobines inférieures.

Pour cela les extrémités des fils des bobines de la plaque *d ll′ d* sont reliées, comme le montre la figure 18, à deux petites lames *bb′* et, par les vis

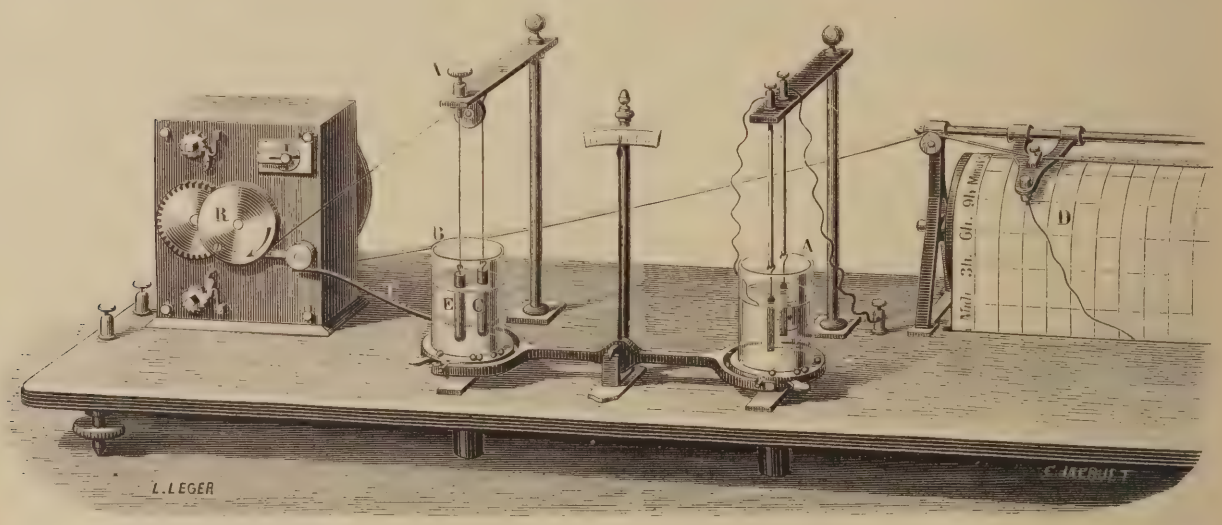


FIG. 20

aa′, à deux lames *ll′* (fig. 17); quatre lames isolées *n* situées de part et d'autre du support central sont reliées par des fils en spirale aux quatre bornes du galvanomètre; la plaque d'ébonite postérieure porte les mêmes lames que la plaque antérieure, reliées de la même façon à ses bobines, enfin deux tiges isolées A B et A′ B′ traversent de chaque côté toute la série de lames de contact sans pouvoir être directement en communication métallique avec d'autres pièces qu'avec les écrous A, A′, B, B′.

Cela posé, voyons comment sont reliées ensemble les deux bobines supérieures, par exemple : le courant entrant par la spirale antérieure, arrive à la lame *n* sur laquelle s'appuie directement la lame *b* reliée à l'un des bouts du fil de la bobine antérieure; il traverse donc cette bobine et passe par *a* en *l* contre laquelle s'appuie l'écrou B. Traversant alors la tige, il arrive à l'écrou A, passe, par la lame postérieure correspondant à *l*, dans la seconde bobine, en sort par la lame symétrique de *b* et, par celle qui correspond à *n*, se rend dans la seconde spirale.

Les deux spirales de droite amènent de la même façon le courant dans les deux bobines inférieures. Deux des bornes correspondent donc aux bobines supérieures et les deux autres aux bobines inférieures, et on peut relier les deux systèmes à volonté en tension ou en quantité.

Grâce à l'emploi d'un acier excellent pour les petits aimants de l'appareil et à une construction très soignée de l'équipage astatique qui pèse seulement 0, gr. 3, les galvanomètres de ce type, construits par M. Carpentier, arrivent à une sensibilité qui dépasse celle des meilleurs galvanomètres anglais.

Aux galvanomètres à miroir se rattachent les échelles de réflexion destinées à recevoir la tache

lumineuse projetée par le miroir. Nous avons déjà fait connaître (*La Lumière Electrique*, n° du 23 juin 1883, p. 239) l'échelle très pratique de M. Carpentier, destiné à accompagner l'appareil que nous venons de décrire ; nous signalerons encore une échelle à fente mobile construite par MM. Siemens et Halske, et que la figure 19 explique d'elle-même.

Appareils enregistreurs du travail des piles.

Deux appareils de ce genre étaient exposés à Vienne, l'un par M. Redier, l'autre par M. Marcillac. L'appareil de M. Redier, figure 20, se compose d'un voltamètre A à eau acidulée sur lequel travaille la pile à étudier. Les électrodes sont simplement suspendues dans un vase placé sur le plateau d'une

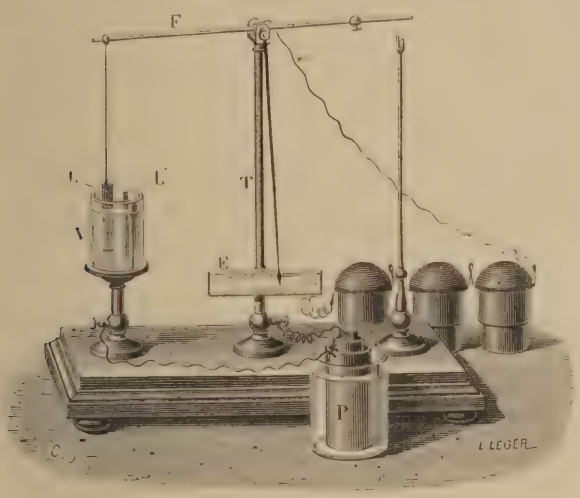


FIG. 21

sorte de balance. Ce vase est équilibré dans l'autre plateau par un second verre analogue, dans lequel plongent deux cylindres métalliques E, C, au moyen desquels on peut, en les enfonçant convenablement, régler l'équilibre de la balance. L'un d'eux peut être réglé à la main par une vis V, l'autre est commandé par un fil relié à un rouage représenté à gauche de la figure.

Quand l'équilibre est établi, la décomposition de l'eau ayant lieu en A et le gaz se dégageant, cet équilibre se trouve bientôt rompu : la balance s'abaisse du côté B, mais alors la tige T reliée à ce côté de la balance s'abaisse en même temps et libère le rouage ; celui-ci tourne dans le sens indiqué par la flèche et produit ainsi deux effets. D'abord il enroule sur la roue R le fil qui commande le cylindre C et, relevant ce cylindre, rétablit l'équilibre de la balance ; ensuite il enroule sur une poulie placée en arrière, un second fil qui fait avancer un crayon enregistreur D. Celui-ci trace une ligne sur un papier entraîné sur un cylindre avec une marche régulière par un second rouage. Les quantités dont avance le crayon sont proportionnelles aux élévations de C, et par suite au travail de la pile. La courbe tracée exprime donc la marche suivie par ce travail.

Dans son appareil, M. Marcillac emploie également un voltamètre V à sulfate de cuivre formé par une lame fixe L' et une autre lame L suspendue à à un fléau de balance. Le courant de la pile à essayer P traverse le voltamètre en passant par la tige T, le fléau F et le pied de l'appareil. L'aiguille que porte le fléau se meut sous l'influence de l'augmentation de poids de la lame L et son extrémité parcourt sur la plaque E des arcs qui, selon l'inventeur, sont proportionnels au travail effectué ; la lame E étant couverte d'un papier au cyanure de potassium et tout le système parcouru par le courant d'une seconde pile, l'aiguille trace sur le papier les arcs qu'elle parcourt. On doit alors relever de temps en temps sa position.

Il faut remarquer qu'il n'y a pas dans cet appareil, comme dans le précédent, de disposition mécanique destinée à rétablir automatiquement l'équilibre. Il y a toutefois une certaine compensation, puisque la lame L en s'enfonçant de plus en plus éprouve de la part du liquide des poussées de plus en plus grandes. Nous ne pensons pas cependant que l'appareil soit susceptible d'une grande exactitude.

(A suivre.) AUG. GUEROUT.

RECHERCHES SUR LA DIRECTION

DES

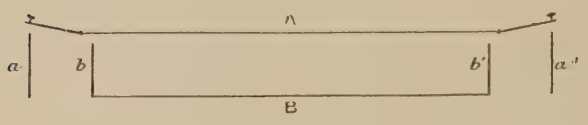
COURANTS TELLURIQUES

A la suite des expériences de Barlow, Walker, Hipps, Lomond, Secchi, Airy, Dufour et autres physiciens, on avait admis que des courants *venus de directions différentes* sillonnaient la surface du globe terrestre. Il résultait, en effet, des observations de ces physiciens que de longs fils conducteurs reliés à la terre par leurs bouts, et diversement orientés, étaient parcourus par des courants d'origine tellurique. Cependant, comme rien ne prouvait que ces dérivations fussent parallèles aux courants terrestres, il était pour le moins prématuré de tirer de leur orientation une conclusion relative à la direction des courants.

Admettons pour un instant que le courant terrestre soit unique. Si la terre est un solénoïde, une ligne insérée entre deux points quelconques de sa surface sera parcourue par un courant dérivé. D'autre part, on peut supposer que le courant terrestre se propage *en nappe*, c'est-à-dire qu'il

ait pour lieu d'origine un demi-grand cercle de la sphère, et pour trajectoire un système de parallèles embrassant la totalité de la surface du globe; considérons une bande terrestre limitée par deux parallèles, assez étroite pour qu'on puisse l'assimiler à une surface cylindrique, et sur laquelle on déplace, en la faisant passer par diverses orientations, une dérivation de longueur invariable. Théoriquement, si la terre était un conducteur homogène, aucun courant ne traverserait la dérivation lorsqu'elle serait parallèle à la génératrice du cylindre, c'est-à-dire perpendiculaire au courant. Mais il faut compter avec la réalité. Les terrains qui constituent la croûte terrestre, loin d'être homogènes, ne sont pour la plupart que des agglomérats de particules hétérogènes, possédant des conductibilités diverses; de plus, ces terrains sont disposés par assises contournées, déchirées et soumises, du moins pour les plus superficielles, à des variations de température et d'humidité. De sorte qu'il est plus exact de regarder la terre comme un gigantesque condensateur que de vouloir l'assimiler à un conducteur continu.

Il était donc plus que probable que les déduc-



tions théoriques exposées plus bas se trouveraient en défaut. C'est en effet ce que j'ai vérifié en 1882 dans une série d'expériences où je lançais un courant à travers une masse de terre isolée.

Si l'on compare les fluctuations qui se manifestent dans un ensemble de dérivations orientées diversement à la surface du globe, on ne tarde pas à reconnaître, en dehors de certains désaccords passagers, l'existence de mouvements d'ensemble parfaitement marqués. Depuis longtemps déjà, ces fluctuations concordantes avaient été observées sur de longues dérivations orientées du nord au sud, et de l'est à l'ouest. Dès 1878, époque à laquelle j'observais les courants terrestres à l'aide d'une dérivation mobile de 200 mètres de long, ce phénomène m'avait frappé. Afin de l'étudier plus attentivement, je disposai en 1882 un réseau de trois dérivations rayonnant dans les directions N.-S., E.-O., N.-O.-S.-E. Ces dérivations longues de 10 mètres étaient formées de fils de cuivre isolés de gutta-percha, avec plaques de terre en zinc enterrées à 1 mètre de profondeur; trois galvanomètres identiques et très sensibles leur étaient attachés. Enfin ces dérivations étaient installées sous un hangar de 15 mètres de côté, clos de toutes parts, flanqué sur ses quatre faces de larges appentis, et dont les fondations ne descendaient pas à plus de 50 centimètres au-dessous du niveau du sol. Le local était bien abrité du soleil, de la pluie et du vent. Le sous-sol, au niveau des plaques de terre, était formé d'une argile compacte et pure.

Les résultats que j'obtins ne furent pas aussi précis que je l'avais espéré. Toutefois, en comparant la marche des trois galvanomètres, je reconnus que sur les deux lignes EO, NO-SE, les courants étaient plus stables que sur la ligne NS. Je pus observer aussi les oscillations diverses des courants (entre 7 heures et 11 heures du matin, et entre 4 heures et 10 heures du soir).

Comme je m'étais proposé avant tout de déterminer le nombre et la direction des courants terrestres, je repris mes recherches en 1883, mais cette fois sur un plan entièrement nouveau, dont voici le principe :

Soient deux dérivations aAa' bBb', dont l'une bBb' a ses prises de terre placées dans l'intervalle de dérivation de l'autre aAa'. Des galvanomètres très sensibles et identiques sont placés sur ses deux lignes, et la dérivation aAa' est munie d'interrupteurs à ses extrémités.

Interrompons la dérivation aAa'.

Si les courants telluriques marchent parallèlement aux lignes, au moment où nous rétablirons la dérivation aAa', le galvanomètre de bBb' se rapprochera du zéro et conservera un écart fixe avec le galvanomètre de aAa', tant que cette dernière dérivation restera fermée.

Au contraire, si les courants telluriques se propagent perpendiculairement au lignes, l'action produite sur bBb' par la fermeture de aAa' sera nulle ou très peu sensible.

Il suffit donc de faire décrire à ce système de deux dérivations une rotation complète en ayant soin, dans chacune de ses positions successives, d'ouvrir et de fermer alternativement aAa', pour déterminer les positions des courants terrestres. Ce principe fort simple présente, dans son application, certaines difficultés.

Mes lignes furent établies dans le local qui avait servi aux observations précédentes. L'intervalle de dérivation aa' avait 10 mètres, et l'intervalle bb' 8 mètres. Les quatre plaques de terre a, b, b', a, étaient enterrées de champ à $1^m,10$ de profondeur, et placées perpendiculairement à la direction des lignes, a à 1 mètre de b, b' à 1 mètre de a'. Ces plaques avaient 45 centimètres de côté et 2 millimètres d'épaisseur : elles étaient en cuivre, argentées sur la face tournée à l'extérieur de la dérivation et sur les tranches, et vernies à plusieurs couches sur la face opposée. A leur arête supérieure était soudé un barreau de cuivre de 5 millimètres de diamètre qui se relevait en bout pour émerger au-dessus du sol et se terminer par une petite masse de cuivre à laquelle était fixé par une gaine d'ébonite un interrupteur à vis de pression

dont la lame était soudée au fil de ligne. Les lignes en cuivre étaient isolées de gutta-percha, et les barreaux de cuivre attachés aux plaques recouverts d'une enveloppe isolante de résine et d'étoupe goudronnée.

Toutes les précautions furent prises pour assurer un bon fonctionnement : la terre pilonnée avec soin autour des prises, les deux dérivations ouvertes de temps en temps pour éviter la polarisation des plaques de terre, les résistances des deux lignes rendues égales, les galvanomètres vérifiés fréquemment.

Faute d'appareils enregistreurs, mes observations présentent une lacune de 10 heures du soir à 6 heures du matin. Quoi qu'il en soit, après avoir dirigé successivement mes dérivations dans tous les sens et observé pendant 65 jours les directions entre EO et NS, je suis arrivé à des résultats précis que je formule ainsi :

Le courant tellurique est unique; il oscille dans sa direction entre OON-EES et OE, et ses oscillations sont généralement lentes; aux perturbations magnétiques correspondent des déviations brusques et d'un caractère particulier; des courants accidentels de courte durée, et dont la cause m'est inconnue se manifestent à intervalles rares et irréguliers dans une direction à peu près perpendiculaire à celle du courant tellurique.

Ces conclusions concordent avec les résulaats que M. Galli a obtenus depuis qu'il poursuit ses recherches à l'observatoire de Velletri. Je dois dire que les travaux du physicien italien ne sont parvenus à ma connaissance que tout récemment. Sans être semblables, les méthodes que nous avons appliquées l'un et l'autre ont quelques rapports, car elles reposent sur l'emploi de lignes courtes et abritées. Cette identité dans les résultats donne à nos conclusions un très grand degré de probabilité.

FIRMIN LARROQUE.

REVUE DES TRAVAUX
RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Sur l'action réciproque de deux sphères électrisées par M. Mascart (1)

« Poisson a traité d'une manière générale le problème de la distribution de l'électricité sur deux sphères conductrices, mais les calculs très longs qu'entraîne l'application de sa méthode n'ont été effectués que pour un petit nombre de cas particuliers. En partant de l'idée ingénieuse des images électriques, Sir W. Thomson a indiqué des développements en série qui permettent de déterminer les masses électriques de deux sphères en fonction des potentiels et l'action réciproque en fonction des masses ou des potentiels; les calculs ont été réduits en Tables, pour le cas de deux sphères égales dont la distance des centres ne dépasse pas le double de leur diamètre.

« Lorsqu'on emploie la balance de Coulomb pour des mesures absolues, il peut être avantageux d'opérer à une distance plus grande; et il n'existe pas, à ma connaissance, de formule simple ni de Tables qui permettent alors de calculer les phénomènes avec une approximation suffisante. La méthode de sir W. Thomson, simplifiée en quelques points, conduit à des formules dont l'exactitude paraît répondre à tous les besoins des expériences.

« Il suffit d'admettre que les images successives provenant de l'induction mutuelle des deux sphères sont respectivement concentrées au point qu'occupe la première d'entre elles, c'est-à-dire au point conjugué du centre de chaque sphère par rapport à l'autre. Avec cette hypothèse, si l'on considère deux sphères égales dont r est le rayon, d ou cr la distance des centres, m et m' les masses électriques, V et V′ les potentiels, on trouve aisément que la masse m de la première a pour expression

$$m = r\,\mathrm{V} - \frac{r\,(c^2-1)^2}{c\,[(c^2-1)^2-c^2]}\left(\mathrm{V}' - \frac{c}{c^2-1}\,\mathrm{V}\right).$$

« On peut considérer cette masse totale comme formée de deux parties, l'une $m_1 = r\mathrm{V}$, dont la distribution est homogène et dont l'action extérieure est la même que si elle était concentrée au centre; l'autre, $-m_2 = m - m_1$, qu'on pourra ainsi supposer concentrée au point conjugué du centre de la seconde sphère, c'est-à-dire à la distance $\frac{r^2}{d}$ du centre de la première.

« La masse m' de la seconde sphère étant de même partagée en deux autres m'_1 et $-m'_2$, l'action réciproque des deux sphères a pour expression

$$f = \frac{m_1 m'_1}{d^2} - \frac{m_1 m'_2 + m'_1 m_2}{\left(d - \frac{r^2}{d}\right)^2} + \frac{m'_1 m'_2}{\left(d - 2\frac{r^2}{d}\right)^2}.$$

On pourra ainsi calculer les valeurs de m, m' et f en fonction des appareils.

« Les résultats se simplifient beaucoup quand on suppose $m = m'$ et par suite $\mathrm{V} = \mathrm{V}'$; il vient alors

$$m = r\,\mathrm{V}\left[1 - \frac{c^2-1}{c\,(c^2+c-1)}\right],$$

$$f = \mathrm{V}^2\left[\frac{1}{c^2} - \frac{2c}{(c^2-1)(c^2-c-1)} + \frac{(c^2-1)^2}{(c^2-2)^2\,(c^2+c-1)}\right],$$

d'où l'on déduira le rapport $\frac{f r^2}{m^2}$ en fonction de la distance des centres.

(1) Note présentée à l'Académie des sciences, dans la séance du 28 janvier 1884.

« Il est clair, par la nature même de l'hypothèse admise, que ces formules sont d'autant plus exactes que la distance est plus grande. Pour avoir une idée de l'approximation qu'elles comportent, nous considérerons le cas extrême $c = 4$, qui correspond à la limite des Tables de Sir W. Thomson. On obtient ainsi

$$m = r\,V \times 0{,}080262,$$
$$f = V^2 \times 0{,}03761,$$
$$f = \frac{m^2}{r^2} \times 0{,}05838.$$

« Les valeurs des coefficients numériques données par les Tables sont respectivement 0,080258 — 0,03766 — 0,05846. L'erreur relative des formules approchées est donc d'environ 0,001 dans ce cas, qui est le plus défavorable. Si la valeur de c dépasse 5 ou 6, il est plus avantageux de développer les expressions en séries ordonnées suivant les puissances croissantes de $\frac{1}{c}$, dont les premiers termes sont

$$m = r\,V\,\frac{c}{c+1}\left[1 + \frac{1}{c^4}\left(1 - \frac{1}{c} + \frac{2}{c^2} - \frac{3}{c^3} + \frac{5}{c^4} - \ldots\right)\right],$$
$$f = \frac{V^2}{(c+1)^2}\left[2 - \frac{1}{c^4}\left(2 - \frac{1}{c} + \frac{4}{c^2} - \frac{7}{c^3} + \frac{11}{c^4} - \ldots\right)\right],$$
$$f = \frac{m^2}{d^2}\left[1 - \frac{3}{c^2}\left(2 + \frac{3}{c^2} - \frac{5}{c^4} + \frac{4}{c^6} - \ldots\right)\right].$$

« Le terme principal dans chacune de ces expressions représente la valeur que l'on aurait trouvée en supposant que l'action extérieure de chaque sphère est la même que si sa masse électrique était concentrée en son centre.

« On remarquera, en particulier, que, pour la valeur de la force en fonction des masses, la formule simple employée par Coulomb ne comporte pas une erreur relative de 0,02 quand on fait seulement $c = 6$, c'est-à-dire quand la distance des centres est triple du diamètre des sphères. »

Sur la loi de Faraday, par M. Berthelot (1).

« D'après la loi de Faraday et les expériences de notre savant confrère M. Becquerel, un même courant électrique, traversant une suite de sels électrolysables, pendant le même temps, sépare au pôle négatif des poids des divers métaux proportionnels à leurs équivalents : c'est-à-dire que, 107gr,9 d'argent étant précipités, le même courant précipite en même temps 103gr,5 de plomb; il sépare simultanément 39gr,1 de potassium et 68gr,5 de baryum (ces derniers métaux décomposant l'eau ne demeurent pas libres, mais se retrouvent sous forme de base libre autour du pôle).

« Tous ces poids sont, je le répète, proportionnels aux équivalents, c'est-à-dire, d'après la définition classique, aux poids relatifs suivant lesquels les métaux se substituent les uns aux autres. Pour qu'ils fussent proportionnels aux poids atomiques, on devrait obtenir, en même temps que 107gr,9 d'argent, 207gr de plomb, c'est-à-dire un poids double de celui qui se précipite réellement; en même temps que 39gr,1 de potassium, on devrait obtenir 137gr de baryum : ce qui n'a pas lieu.

« De même, pour les éléments électronégatifs, si l'on électrolyse dans un même circuit le chlorure et l'oxyde d'un même métal, les poids de chlore et d'oxygène, mis en liberté dans le même temps, sont proportionnels à 35gr,5 pour le chlore et à 8gr pour l'oxygène, c'est-à-dire aux équivalents. S'ils étaient proportionnels aux poids atomiques, on devrait obtenir, pour 35gr,5 de chlore, 16gr d'oxygène : ce qui n'a pas lieu.

« Sans entrer dans aucune discussion sur les corps plurivalents, dont la notion est antérieure à la nouvelle notation atomique, ainsi qu'il résulte de la découverte des acides polybasiques par Graham, en 1835, de la découverte des alcools polyatomiques par moi-même, en 1854, et de la découverte même du glycol, deux ans après, par mon savant ami, M. Wurtz; sans entrer, dis-je, dans aucune discussion sur les corps plurivalents, dont la théorie est identique d'ailleurs pour les chimistes qui conservent les équivalents et pour ceux qui préfèrent les nouveaux poids atomiques, je me borne à constater que la loi de Faraday est exprimée en général d'une façon plus simple au moyen des équivalents qu'au moyen des poids atomiques, et cela aussi bien pour les éléments électropositifs que pour les éléments électronégatifs. »

(1) Note présentée à l'Académie des sciences, dans la séance du 4 février 1884.

Remarques sur la loi de Faraday et sur la loi découverte par M. Bouty, par M. Wurtz. (1)

« La loi découverte par M. Bouty, concernant la conductibilité des solutions salines très étendues, présente un lien avec la loi de Faraday, ainsi que M. Berthelot l'a fait remarquer. Notre confrère est d'avis que l'interprétation de ces lois devient plus obscure et plus compliquée lorsqu'on les exprime au moyen des poids atomiques. Je demande la permission de présenter une observation à ce sujet.

« Les différents chlorures soumis à l'action d'un même courant laissent déposer, au pôle négatif,

(1) Note présentée à l'Académie des sciences, dans la séance du 28 janvier 1884.

des quantités de métaux équivalentes à 1 atome de chlore (1).

« Ainsi, pour 1 atome de chlore mis en liberté au pole positif, les quantités de métaux déposés au pôle négatif dans l'électrolyse des chlorures $NaCl$, Cu^2Cl^2, $CuCl^2$, $BiCl^3$ $SnCl^4$, Fe^2Cl^5 sont $Na, \frac{Cu^2}{2}, \frac{Cu}{2}, \frac{Bi}{3}, \frac{Sn}{4}, \frac{Fe^2}{6}$, et ces quantités sont strictement équivalentes, mais ne répondent nullement aux « équivalents » dans le cas des chlorures cuivreux, bismuthique, stannique, ferrique.

« De même, dans l'électrolyse des composés hydrogénés HCl, H^2O, H^3Az, pour 1 volume ou 1 atome d'hydrogène mis en liberté au pôle négatif, on recueillera au pôle positif un volume de chlore, $\frac{1}{2}$ volume d'oxygène, $\frac{1}{3}$ de volume d'azote (2). Ces dernières quantités sont strictement équivalentes, et l'on ne saurait soutenir que $\frac{1}{3}$ de volume d'azote représente 1 « équivalent » d'azote.

« Il ne s'agit donc ici ni d'une question de poids atomiques, ni d'une question « d'équivalents » dans le sens attaché ordinairement à ce mot, mais d'une question de valence ou d'atomicité des éléments, ainsi que M. Salet (3) l'a établi dès 1867.

« C'est cette notion de valence, précisée par la théorie atomique, qui s'est substituée à la notion ancienne des équivalents. Celle-ci ne simplifie nullement l'énoncé de la loi de Faraday, car on vient de rappeler que, dans le cas de l'électrolyse de l'ammoniaque, de certains chlorures et de tous les sels correspondants, les quantités d'hydrogène ou de métaux, mises en liberté au pôle negatif, ne répondent nullement aux équivalents adoptés.

« M. Bouty vient de démontrer que la résistance électrique des solutions salines est la même lorsque ces solutions renferment des quantités équivalentes de métal. Mais les chlorures qu'on vient d'indiquer ne renferment pas des quantités équivalentes de métal, et il y a lieu de croire que des *molécules*, si différentes par leur forme et leurs grandeurs relatives, opposeront au courant des résistances *moléculaires* différentes. On peut prévoir qu'il en serait de même pour la conductibilité *moléculaire* du nitrate, du sulfate, du phosphate et du pyrophosphate sodique

$NaAzO^3$, Na^2SO^4, Na^3PhO^4, $Na^4Ph^2O^7$. »

La pile Skrivanow, modèle de poche.

On a beaucoup parlé dans ces derniers temps de la pile Skrivanow de poche qui a été employée pour les petites lampes placées sur la tête des danseuses, dans le ballet de la *Farandole*, à l'Opéra. M. D. Monnier a donné à l'Académie des sciences, dans la séance du 28 janvier, les détails suivants sur cette pile :

« L'élément est constitué par une lame de zinc et par du chlorure d'argent enveloppé de papier parcheminé, plongeant dans une liqueur alcaline (75 parties de potasse caustique pour 100 parties d'eau).

« L'enveloppe est constituée par une petite auge en gutta-percha qui peut être hermétiquement fermée. L'élément complet pèse environ 100gr. La force électromotrice de cet élément est de 1volt,45 à 1volt,50. Il peut développer un courant de 1 ampère pendant une heure environ. Au bout de ce temps, il suffit de renouveler le liquide potassique.

« Après deux ou trois renouvellements du liquide potassique, le chlorure d'argent doit être remplacé. »

La détermination de l'ohm.

Les dernières expériences fixent la valeur de l'unité de l'*Association britannique* à 0,9867 ohms, ce résultat avait été obtenu par lord Rayleigh de deux manières différentes et par M. Glazebrook d'une troisième manière, mais d'autres observateurs sont arrivés à des résultats tout à fait différents.

Le comité international pour les unités électriques qui s'est assemblé au mois de novembre 1882 à Paris, à cause de l'état incertain de cette question et de la nécessité d'adopter le plus tôt possible un étalon convenable, a décidé que, quand la longueur d'une colonne de mercure pure d'une section d'un millimètre carré avec une résistance d'un ohm aura été déterminée au millième près, l'ohm sera alors défini comme la résistance d'une colonne de mercure pur de la longueur déterminée, et les différents gouvernements furent vivement invités à faire faire des expériences pour fixer exactement cette longueur.

C'est ainsi que le dernier congrès des Etats-Unis a voté la somme de 62 500 fr. pour ces expériences. C'est le professeur Rowland de la John Hopkins University qui est chargé de ce travail et les expériences ont lieu à l'Université de Baltimore comme au Clifton Park à une distance de deux milles de la ville. Un retard imprévu dans la construction de quelques appareils nécessaires a été cause qu'on a dû commencer les travaux par la détermination de la résistance spécifique du mercure exprimée en unités de l'Association britannique. Ces expériences ont été faites en mesurant la résistance de plusieurs colonnes de mercure pur contenu dans des tubes de verre de différentes grandeurs et longueurs, de sorte que les mesures

(1) Voir Ed. Becquerel, *Annales de chimie et physique*, 3e série, t. XI, p. 162.

(2) A.-W. Hofmann, *Berichte der Deutschen Ohem, Gesellschaft*, 1869, p. 244.

(3) *Laboratory*, 1867, p. 247, et *Jahresbericht*, 1867, p. 117.

obtenues vont de une à dix unités de l'Association britannique. L'autre partie du travail consiste à définir en ohms la résistance de l'étalon de l'Association britannique employé pour cette détermination de la résistance spécifique du mercure.

Deux méthodes principales seront employées à cet effet.

D'abord on trouvera la résistance au moyen de l'équivalent mécanique de la chaleur. On a installé pour cela l'appareil dont le professeur Rowland s'est servi pour son remarquable travail sur ce sujet.

On se propose de chauffer un liquide non conducteur quelconque, comme de l'alcool, au moyen de la chaleur développée par le passage d'un courant électrique dans un conducteur dont les deux extrémités sont maintenues à une différence de potentiel connue. Le même échauffement sera alors produit dans les mêmes circonstances par des moyens purement mécaniques et la résistance du conducteur se trouvera ainsi déterminée directement par l'équivalent mécanique de la chaleur développée dans le conducteur.

La seconde méthode à employer est celle de Kirchhoff modifiée par Rowland dans sa détermination de l'ohm en 1876. Les instruments seront pourtant en grande partie tout neufs et spécialement construits pour ces expériences, de sorte qu'il va falloir établir de nouvenu leur constante. Si le temps le permet, on se servira également de la méthode de l'inducteur terrestre de Weber.

Comme source d'électricité pour la méthode calorimétrique, on prendra 50 éléments Planté chargés par une petite machine dynamo. Pour la mesure de forts courants électriques, on a construit un électrodynamomètre du type Helmholtz avec deux grandes bobines et une plus petite suspendue.

Les grandes bobines ont à peu près un mètre, la petite environ 25 centimètres de diamètre. Les grandes bobines sont de deux espèces, l'une enroulée de fil fort n° 8 et l'autre avec du fil n° 15 environ. Il y a aussi deux petites bobines d'un enroulement correspondant, et ces dispositions donnent à l'appareil une grande puissance. Le cercle divisé a été fabriqué spécialement pour cet instrument, par MM. Fauth et Ce.

Quatre bobines d'induction seront enroulées dans quatre rainures parallèles et équidistantes, taillées dans la surface extérieure d'un cylindre de laiton d'un mètre de diamètre. Ces bobines contiendront chacune environ deux cents tours d'un fil de cuivre n° 15, de sorte qu'on pourra faire un grand nombre de combinaisons avec les différentes bobines, car on pourra prendre l'action d'induction de chaque bobine sur les autres, obtenant ainsi trois combinaisons simples par bobine. Les administrateurs de la *John Hopkins University* ont mis Clifton House à la disposition du professeur Rowland, et comme la maison est située au milieu d'un vaste terrain assez loin de la grande route, elle convient tout particulièrement pour des expériences électriques délicates. On a construit des supports pour les instruments et une petite machine à vapeur a été installée pour produire la force pour la dynamo et pour l'appareil relatif à l'équivalent mécanique de la chaleur. Les expériences seront faites sous la direction du professeur Rowland, par M. A. L. Kimball, assisté de MM. Goodnow et Louis Duncas, enseigne de vaisseau, ce dernier ayant été spécialement désigné pour ce travail par le ministère de la marine.

Il faut espérer, dit l'*Electrical Review*, à laquelle nous empruntons ces détails, qu'on arrivera à un résultat satisfaisant vers le mois de septembre de cette année.

Nouvelle démonstration de l'exactitude de la loi de Joule, par M. Alfred Reinisch (1).

L'emploi, dans les installations d'éclairage au moyen des lampes à arc ou à incandescence, de fils de plomb comme « fils de sûreté, » nécessite la détermination de l'intensité du courant capable de fondre un de ces fils de section donnée. On se contente dans la pratique d'admettre 8 ampères comme intensité maxima par millimètre carré de section et de prendre alors un coefficient de sécurité de 2 ou 3. Soit par exemple un lustre de 30 lampes Swan, dont chacune consomme 1,4 ampère, et prenons un coefficient de sécurité de 3; nous serons amené à employer un fil de plomb de 15,75 $^{m}/_{m}$.

Il était d'après cela facile de concevoir l'idée de laisser invariable la section du fil et de déterminer pour des longueurs différentes le rapport entre la longueur et l'intensité correspondante, c'est-à-dire nécessaire pour la mettre en fusion. Dans ce but on a expérimenté différentes longueurs d'un même fil de plomb de 2 $^{m}/_{m}$ de diamètre et on a trouvé les valeurs suivantes, moyennes de quatre séries d'expériences :

LONGUEUR	INTENSITÉ
100 $^{m}/_{m}$	38,74 ampères
90 —	39,38 —
80 —	40,01 —
70 —	41,24 —
60 —	43,60 —
50 —	46,91 —
40 —	50,01 —
30 —	56,80 —
20 —	66,84 —
10 —	87,35 —

(1) *Zeitschrift des electrotechnischen Vereins, Heft* VIII, 1er novembre 1883, p. 249.

Prenons un système de coordonnées rectangulaires dans lequel nous porterons les longueurs de fil en abscisses, les intensités nécessaires pour les fondre en ordonnées; nous obtiendrons une courbe donnant la relation entre ces deux valeurs.

Cette courbe est une courbe hyperbolique, qui a pour asymptotes l'axe des abscisses et celle des coordonnées et elle est plus convergente vers l'axe y. La courbe tombe, elle est convexe vers le bas.

On obtient de cette façon la même courbe que celle qui se déduit de la loi de Joule, lorsque l'on considère la section comme invariable. En effet, faisant abstraction du temps nécessaire pour produire la fusion et appelant la longueur x, l'intensité du courant y, la loi de Joule prend la forme suivante :

$$y^2 x = C \qquad (1)$$

La discussion de l'équation (1) indique une courbe hyperbolique du troisième degré qui a pour asymptotes l'axe des abscisses et celle des ordonnées et qui converge plus rapidement vers l'axe des ordonnées. La courbe tombe, elle est convexe vers le bas.

La courbe déduite de la loi de Joule est donc identique à celle que l'on obtient graphiquement en employant les résultats d'expériences; la loi est par conséquent d'accord avec l'expérience.

La loi de Joule a d'ailleurs été confirmée à plusieurs reprises par les expériences exactes et approfondies de E. Becquerel (Archives, 3, page 181; 1843), de Lenz (Pogg. Ann., 61, page 18; 1844) et de Botto (Archives de l'électricité, 5, 1845).

Sur le galvanomètre des tangentes appliqué à la mesure absolue des courants de haute intensité, et sur un nouveau galvanomètre à ressort, par F. Kohlrausch.

On sait qu'en théorie le galvanomètre des tangentes peut servir à mesurer les plus fortes intensités, puisque la tangente d'un angle de 90° est infinie. Dans la pratique, il en est tout autrement et les indications de l'appareil ne sont exactes que dans certaines limites.

Dans un travail intéressant publié par l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du mois de janvier 1884, M. F. Kohlrausch s'est proposé de déterminer entre quelles limites pratiques l'intensité pouvait être mesurée, quelle correction il fallait faire subir aux lectures et quelle était enfin l'erreur commise dans chaque cas.

Il est très difficile et pour ainsi dire impossible de placer l'instrument dans le plan du méridien magnétique. Si l'on suppose une erreur de 1° dans l'orientation, on a, en appelant φ l'angle de déviation, la relation suivante entre les divers angles φ et les erreurs commises sur l'intensité à mesurer

$\varphi =$	10°	30°	45°	60°	70°	80°	85°
	0,3	1,0	1,7	3	5	10	19 %

d'où il résulte que l'angle de dérivation ne doit jamais être supérieur à 30°, si l'on veut que l'erreur ne dépasse pas 1 %.

Heureusement qu'on peut faire des mesures exactes avec un galvanomètre mal orienté, de même qu'on obtient des pesées justes avec une balance mal équilibrée : il suffit d'introduire dans le circuit un commutateur et de prendre chaque fois la moyenne des deux lectures effectuées pour un courant de même intensité, mais de sens différent.

Ce n'est donc pas cette considération qui donne la limite de l'angle pratique, mais bien celle de l'erreur commise sur la lecture même. En admettant, comme cela a lieu généralement, une erreur de 0°,2 dans la lecture on obtient les valeurs suivantes comme erreurs sur l'intensité pour différentes déviations φ

$\varphi =$	5°	10°	20°	30°	40°
	85°	80°	70°	60°	50°
	4 %	2 %	1 %	0,8 %	0,7 %

Ce qui justifie la règle pratique de Weber, en vertu de laquelle les mesures sont d'autant plus précises que l'angle de déviation est plus voisin de 45°. En tout cas, si l'on veut que l'erreur ne dépasse jamais un centième de l'intensité à mesurer, il faut s'imposer 20° comme limite inférieure de la déviation, et 80° comme limite supérieure. Or on a, en prenant des valeurs voisines de celles-là,

$$\frac{\operatorname{tg} 72^\circ}{\operatorname{tg} 18^\circ} = \frac{3,08}{0,309} = 10,$$

relation qui démontre que le galvanomètre des tangentes permet de mesurer avec une rigueur très grande des intensités qui varient de 1 à 10.

Si l'on désigne par R le rayon des spires du fil, par n leur nombre et par H la composante horizontale du magnétisme terrestre, la mesure absolue de l'intensité est donnée pour un angle φ dans le système des unités C G S, par la formule

$$i = \frac{RH}{2\pi n} tg(\varphi)$$

ou en ampères, l'ampère étant le dixième d'une unité C. G. S.

$$i = 10 \frac{RH}{2\pi n} tg\, \varphi$$

ou enfin

$$i = 1,592 \frac{RH}{n} tg\, \varphi \quad (1)$$

expression dans laquelle la quantité qui précède

$tg\,\varphi$ peut être considérée comme un coefficient de réduction.

Le tableau suivant permet de trouver facilement, par interpolation, la valeur de H; il a été calculé pour l'année 1884, mais peut servir pour une période de temps très considérable, à condition d'augmenter tous les quatre ans d'une unité la troisième décimale.

Les longitudes sont comptées à l'est du méridien de Ferro; il faut donc ajouter 20°0 aux longitudes de Paris et 17°7 à celles de Greenwich.

LATITUDE nord	LONGITUDE 20°	LONGITUDE 25°	LONGITUDE 30°	LONGITUDE 35°	LONGITUDE 40°
45°	0,209	0,212	0,217	0,221	0,225
46°	0 205	0,208	0,213	0,217	0,221
47°	0,201	0,204	0,209	0,213	0,217
48°	0,197	0,200	0,204	0,209	0 213
49°	0,193	0,196	0,200	0,205	0,208
50°	0,188	0,192	0,196	0,200	0,204
51°	0,185	0,188	0,192	0,196	0,200
52°	0,181	0,184	0,188	0,192	0,195
53°	0,177	0 181	0,185	0,188	0 191
54°	0,174	0,177	0,182	0,184	0,187
55°	0,169	0,175	0,178	0,181	0,183

La présence de masses métalliques peut évidemment altérer la valeur de H; aussi faut-il, autant que possible, s'éloigner de tout ce qui est construction en fer.

Revenons à la formule 1. — Il n'y est pas tenu compte d'une cause d'erreur qui est la longueur de l'aiguille : toutes les autres dimensions restant les mêmes, cette erreur croît proportionnellement au carré de la longueur de l'aiguille. Pour corriger cette erreur, on donne à l'équation la forme

$$i = \left(1\ 592 - 0,2\,\frac{l^2}{R^2}\right)\frac{RH}{n}\,tg\,\varphi,$$

et on augmente l'angle φ observé d'une quantité d calculée en supposant que le rapport de la longueur l de l'aiguille au diamètre des spires est égal à $\frac{1}{10}$.

Pour $\varphi = 5°$	$d = 0,00$	$\varphi = 45°$	$d = 0,37$
10°	0,01	50°	0,43
15°	0,03	55°	0,47
20°	0,06	60°	0,49
25°	0.10	65°	0,47
30°	0,16	70°	0,42
35°	0,23	75°	0,35
40°	0,30	80°	0,25
45°	0,37	85°	0,13

Pour un rapport quelconque $\frac{1}{K}$ de l'aiguille au diamètre, on obtient facilement les corrections correspondantes en multipliant les valeurs précédentes de d par le rapport $\frac{100}{K^2}$.

Dans ces conditions, on trouve que l'intensité maxima qui puisse être directement mesurée avec un galvanomètre pour lequel R = 20 cent. et H = 0,20 est de 18 ampères pour un angle de φ de 70°.

On peut donner une grande extension à ces limites qui varieraient d'après ce qui a été dit plus haut entre 1,8 et 18 ou en chiffres ronds entre 2 et 20 ampères, en ayant recours à la méthode du shunt. En établissant une dérivation de résistance p fois moindre que celle de la branche sur laquelle est monté l'appareil on sait qu'il faudra multiplier par le facteur $(p+1)$ l'intensité observée pour avoir l'intensité dans le circuit général. Il suffit donc de prendre $p=9$ pour pouvoir avec le même galvanomètre mesurer des intensités de 2 à 200 ampères.

Le problème qui se pose alors est de maintenir à la même température la ligne qui traverse l'appareil ou ligne principale et la dérivation dont la résistance est p fois plus petite et pour laquelle l'intensité de courant est p fois plus grande. On y

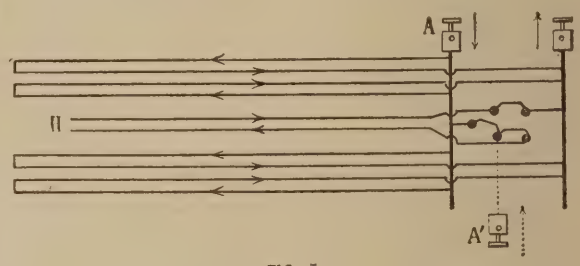


FIG. I

arrive en adoptant la disposition représentée figure 1 qui est le schéma d'une installation dans laquelle $p=4$. Cinq fils aussi identiques que possible, ayant le même diamètre et la même longueur servent à former le premier la ligne principale H les quatre autres la dérivation; ces fils sont soudés à deux fortes plaques de cuivre qui communiquent avec les bornes d'entrée et de sortie du courant.

Tous les fils se trouvent dans des conditions semblables. On peut être à peu près certain que l'échauffement de la ligne principale excédera de 10 o/o tout au plus celui des lignes dérivées. Dans ce cas pour une élévation de température de 20° des fils la différence ne serait jamais que de 2° ce qui se traduit par une variation de résistance de moins de 1 o/o : on peut donc tolérer pour les fils un échauffement de 20° et un peu au delà.

M. F. Kohlrausch détermine exactement le diamètre des fils de cuivre qui répondent à ces conditions. En effet pour une résistance de 1 ohm 1 ampère développe en une seconde, 0,24 calories (gramme-degré), quantité de chaleur qui élève un gramme de cuivre dont la chaleur spécifique est 0,095 de $2,5° = \frac{0,24}{0,095}$.

Un fil de cuivre de diamètre d^{mm} a par mètre de longueur une résistance

$$\frac{0{,}023}{d^2} \text{ ou } \frac{1}{44.\ d^2} \text{ ohm.}$$

Donc un courant de i ampères développe dans ce même fil par mètre et par seconde une quantité de chaleur donnée par la relation

$$0{,}24.\ i^2\,\frac{0{,}023}{d^2} = 0{,}0055\,\frac{i^2}{d^2} \text{ calories } (gr.\ d).$$

Le poids du fil par mètre étant de $7\ d^2$ gr. et l'élévation de température de 1 gr. pour une calorie, étant de 10,6°, il en résulte que l'élévation de température par seconde pour une intensité i sera

$$\frac{10{,}6}{7.\ d^2}.\ 0{,}0055\,\frac{i^2}{d^2} = 0{,}0083\,\frac{i^2}{d^4} \text{ degrés,}$$

ce qui donne pour l'intensité maxima, $i = 18$ ampères que l'on mesure, une élévation de $\frac{27}{d^4}$ degrés.

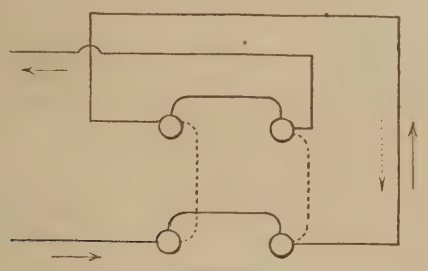


FIG. 2

Pour $d_4 = 16$, c'est-à-dire pour un fil de 2^{mm} de diamètre, on trouve que la température s'élève de $\frac{1}{6}$ degré par seconde : dans ces conditions un fil librement tendu atteindrait la température de 25°. On en conclut d'après ce qui précède que ce diamètre de 2^{mm} peut être adopté pour les mesures des plus hautes intensités.

Il est bien entendu qu'il faut dans ces mesures apporter le plus grand soin à la détermination des résistances qui servent à établir la valeur de p en tenant compte de la résistance intérieure du galvanomètre et de celle du commutateur. Ce commutateur se trouve monté entre les deux plaques de cuivre et est formé de quatre godets à mercure (fig. 2) qui occupent les sommets d'un carré. Le courant entre et sort par deux godets diagonalement opposés : deux pièces mobiles renversent le courant suivant, qu'on les place dans la position indiquée en traits pleins ou dans celle indiquée en traits pointillés. Dans la figure 1 le cinquième godet sert à établir la dérivation : lorsqu'on ne veut pas faire usage du shunt, le courant arrive par la borne A′ et sort par celle de droite ou inversement.

M. F. Kohlrausch consacre la dernière partie de cette étude à la description d'un galvanomètre à ressort dans lequel les actions d'un solénoïde sur un noyau de fer doux seraient utilisées pour la mesure des intensités de courants. L'idée même n'appartient pas à M. F. Kohlrausch, puisque Blyth et Bœttcher l'avaient eue avant lui, mais il est le premier qui ait construit l'appareil de façon à

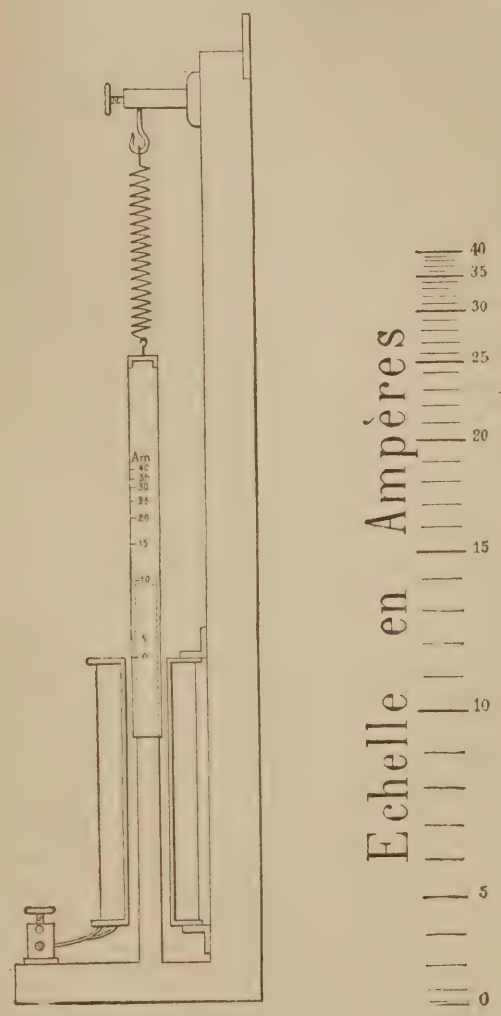


FIG. 3 ET 4

obtenir une échelle satisfaisante. Le galvanomètre en question est représenté dans la figure 3 ; voici les dimensions des pièces principales : diamètre intérieur de la bobine, 2 cent. ; diamètre extérieur, 4,5 cent. ; longueur, 14 cent. ; diamètre du cylindre de fer doux, 1,4 cent. ; longueur, 20 cent. ; poids 30 grammes. La vis placée à la partie supérieure de l'appareil permet de régler la position du ressort : dans les expériences de M. F. Kohlrausch, le noyau de fer doux plongeait de 4 cent. dans l'intérieur du solénoïde, alors qu'il n'y avait pas de courant.

En graduant l'instrument par comparaison avec un galvanomètre des tangentes, on a trouvé une échelle qui est inscrite sur la surface extérieure du cylindre mobile et représentée en vraie grandeur à côté de l'appareil. On voit que de 4 à 15 ampères l'échelle est tout à fait régulière; jusqu'à 25 ampères les lectures se font très facilement et même entre 25 et 40 l'erreur commise est inférieure à une unité. On pourrait d'ailleurs reculer la limite de cette graduation en ajoutant du fer à la partie supérieure du noyau.

Il est évident que la sensibilité de cet instrument dépend du diamètre du fil enroulé autour de la bobine. Avec un fil de 3^{mm} formant trois couches de 40 spires chacune on a une résistance de $\frac{1}{20}$ ohm. On constate que dans ces conditions un courant permanent de 25 ampères ne provoque pas un échauffement considérable; lorsqu'on a affaire à des intensités qui approchent de 40 ampères, on ferme le circuit quelques instants seulement, car la lecture se fait rapidement. En employant un fil de 6^{mm}, on quadruple les limites entre lesquelles la mesure peut être effectuée. Enfin dans le cas où l'on shunte l'appareil de façon à réduire la sensibilité au cinquième, on mesure des intensités de 4 à 200 ampères. Voici d'ailleurs un tableau qui résume toutes les données relatives à ce galvanomètre.

M. F. Kohlrausch a imaginé un moyen ingénieux pour éviter les oscillations qui rendent les lectures lentes.

Le cylindre de fer doux est creux et se meut avec un jeu d'un millimètre autour d'une tige verticale en verre ou en bois; ce même cylindre est muni d'un couvercle à sa partie haute. Le frottement de l'air qui pénètre ou qui est chassé dans le mouvement de montée ou de descente du noyau de fer doux contre les parois voisines suffit à immobiliser le cylindre au bout d'une seconde.

Il est évident que le galvanomètre qui vient d'être décrit ne saurait être appliqué à des mesures de grande précision : ce n'est d'ailleurs pas dans ce but qu'il a été combiné. Tel qu'il est, il répond à un besoin réel, car c'est un appareil d'une construction simple et solide, peu sujet à se détériorer et donnant des indications indépendantes des variations de température. L'électricité tend chaque jour à sortir davantage du domaine de la théorie pour entrer dans celui de la pratique : il faut donc que les instruments de mesure adoptent autant que possible des formes industrielles. Le galvanomètre de M. F. Kohlrausch est un appareil d'atelier bien plus que de laboratoire, et nous pensons qu'à ce point de vue il est appelé à rendre de grands services.

DIAMÈTRE du fil	COURANT PERMANENT		COURANT MOMENTANÉ		RÉSISTANCE	
	Galvanomètre seul	Galvanomètre shunté	Galvanomètre seul	Galvanomètre shunté	Galvanomètre seul	Galvanomètre shunté
6m/m	16 — 100 A	»	16 — 160 A	»	0,003 O	»
3	4 — 25 »	20 — 70 A	4 — 40 »	20 — 200 A	0,05 »	0,01 O
2	2 — 12 »	10 — 35 »	2 — 20 »	10 — 100 »	0,25 »	0,05 »
1	0,5 — 3 »	2,5 — 8 »	0,5 — 5 »	2,5 — 25 »	4 »	0,80 »
0,5	0.3 — 1 »	1,5 — 3 »	0,3 — 3 »	1,5 — 10 »	30 »	6 »

Sur les variations de la force électromotrice dans les accumulateurs, par M. E. Reynier (1).

« Les expériences ont porté sur trois systèmes de piles secondaires: 1° l'accumuleur Planté: plomb réduit, plomb peroxydé, eau acidulée sulfurique; 2° l'accumulateur *au cuivre:* plomb cuivré, plomb peroxydé, solution acidulée de sulfate de cuivre; 3° l'accumulateur au *zinc amalgamé:* plomb zingué, plomb peroxydé, solution acidulée de sulfate de zinc. Les trois spécimens expérimentés n'étaient pas complètement *formés.*

« Des mesures de force électromotrice ont été faites, pendant la *charge* et la *décharge*, par la méthode de l'*egale déviation.*

« Mes expériences confirment précisément et étendent les observations déjà anciennes de M. Gaston Planté, sur les variations de la force électromotrice dans les accumulateurs. Voici les conclusions de mon travail:

« I. Dans les trois systèmes d'accumulateurs étudiés, la force électromotrice secondaire est notablement plus élevée durant la charge que pendant la décharge. Le rapport de la plus petite de ces valeurs à la plus grande pourrait être appelé *coefficient de baisse;* c'est un *facteur de perte* qui affecte le *rendement* des accumulateurs.

« II. La surélévation fugitive de la force électromotrice augmente:

« 1° Avec l'intensité du courant de charge (G. Planté);

(1) Note présentée à l'Académie des sciences, dans la séance du 28 janvier 1884.

« 2° Avec la force électromotrice de la source.

« III. Dans l'accumulateur Planté, la force électromotrice est au moins 1volt,95 pendant la charge, et au plus 1volt,85 pendant la décharge. Le coefficient de baisse est donc 0,95, Dans les conditions les plus favorables.

« IV. Dans l'accumulateur au cuivre, la force électromotrice est au moins 1volt,43 pendant la charge, et au plus 1volt,25 pendant la décharge. Le coefficient de baisse est 0,87, dans les conditions les plus favorables. L'accumulateur au cuivre est celui qui perd le plus.

« V. Dans l'accumulateur au zinc amalgamé, la force électromotrice est au moins 2volts,4 pendant la charge, et au plus 2volts,36 pendant la décharge. Le coefficient de baisse est 0,983 dans les conditions les plus favorables. L'accumulateur au zinc amalgamé est celui qui perd le moins.

« VI. Dans la pratique, les pertes à subir par les variations de la force électromotrice seront presque toujours supérieures à celles qu'on vient d'indiquer, parce qu'on emploie généralement des régimes de charge et de décharge plus rapides que ceux qui correspondent aux expériences dont les résultats sont résumés ici. »

CORRESPONDANCE

Au sujet d'un article publié dans la *Revue hebdomadaire du diocèse de Lyon*, dans son numéro du 21 décembre dernier, sur l'orgue électrique de M. Merklin, M. Ferat, un de nos meilleurs constructeurs d'orgues de Paris, nous envoie copie d'une lettre qu'il a écrite au rédacteur de cette revue pour rétablir les faits dans leur vérité et réclamer la priorité en faveur des véritables inventeurs de cette application intéressante. Nous croyons intéressant, comme document historique, de publier cette lettre, et pour qu'on puisse la comprendre nous reproduisons d'abord l'article de la *Revue* lyonnaise :

« Toujours soucieux de faire progresser son industrie, l'éminent facteur vient d'appliquer à la construction des grands orgues un nouveau système électro-automatique dont l'invention riche de promesses est due aux frères américains Schmœle, brevetés en France. Dès *aujourd'hui*, l'on peut considérer comme tranché le problème toujours si complexe, et malheureusement insoluble jusqu'ici, de l'installation d'un vaste buffet d'orgue dans un espace restreint et limité.

« Grâce à l'emploi de l'électricité, le buffet et les jeux peuvent désormais se localiser à n'importe quelle distance des claviers et de la console, c'est-à-dire en dehors, soit de la tribune, soit de l'abside, qui sert généralement à les recevoir, mais où l'on ne dispose assez fréquemment que d'un espace insuffisant. Ajoutons à ce premier avantage toutes les conséquences qu'entraîne l'adaptation du système électropneumatique pour la transmission du mouvement des claviers, pour la régularité et la sûreté de leur fonctionnement, pour la facilité du maniement, enfin pour la célérité et la nouveauté des combinaisons, et l'on comprendra, sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans des détails techniques, que la maison Merklin, qui a si bien mérité déjà par le perfectionnement des orgues, fait entrer *aujourd'hui* la facture de ses instruments dans une *phase nouvelle et pleine d'avenir*. »

Monsieur le Directeur,

On vient de me communiquer le numéro du 21 décembre dernier de votre estimable *Revue hebdomodaire*, lequel contient un article concernant l'achèvement et la réception de l'orgue de la cathédrale de Lyon.

Au sujet de cette réception, vous dites en terminant le compte rendu, que M. Merklin « toujours soucieux de faire progresser son industrie, vient d'appliquer à la construction des grandes orgues un nouveau système électropneumatique, dû à l'invention des frères américains Schmœle. »

J'ignore complètement, Monsieur le directeur, quel est le système électropneumatique de ces messieurs, c'est la première fois que j'en entends parler, mais, ce que je vous demande la permission de vous faire savoir, c'est que vos nombreux lecteurs seront induits en grande erreur en croyant que M. Merklin est le premier qui ait, en France, appliqué l'électricité aux orgues, même en employant le système des frères Schmœle. Ces messieurs ont eu des devanciers. — Il faut rendre à César ce qui appartient à César.

Permettez-moi donc, Monsieur le Directeur, de vous faire en quelques mots l'historique de l'application de l'électricité aux orgues.

La première idée appartient à un facteur d'orgues de Paris nommé Stein, qui, vers 1845 ou 1846, fit des essais ayant pour but d'employer l'électro-aimant comme moteur pour faire ouvrir les soupapes alimentant les tuyaux d'un orgue, mais il n'y avait là qu'une première idée sans résultat pratique.

Agissant directement sur les soupapes, la trop grande résistance de celles-ci forçait l'inventeur à employer des électros très gros, et partant, des piles très puissantes en raison des dérivations de courant.

Les choses restèrent en cet état, lorsque vers 1862 un homme de génie, C.-S. Barker, auquel la facture d'orgue doit sa plus belle invention, la « machine pneumatique », eut l'idée de continuer les recherches commencées par M. Stein, mais après plusieurs essais de systèmes ayant pour but de diminuer la résistance des soupapes, afin d'employer des électros plus faibles; il n'arrivait qu'à un résultat médiocre, quand il imagina d'utiliser sa première invention, le « levier pneumatique », en s'en servant comme intermédiaire entre l'électro-aimant et la soupape du sommier. Il put alors s'écrier « Eureka » ; en effet, *l'application pratique* de l'électricité à l'orgue était résolue, il ne restait plus qu'à régler quelques questions de détails, et il nomma son système, qu'il fit breveter en France, électropneumatique.

On était alors en 1864, C.-S. Barker avait reçu de la Ville de Paris la commande du grand orgue de l'église Saint-Augustin (42 jeux, 3 claviers à mains, pédale séparée), il fit une demande l'autorisant à appliquer sa nouvelle découverte audit instrument. Une commission composée de savants fut nommée, et après examen des résultats obtenus, la commission, à l'unanimité, donna son approbation. Barker se mit donc à l'œuvre, et l'application du système électropneumatique a été réalisée dans cet instrument qui fut inauguré en 1867, il y a par conséquent plus de seize ans; et depuis ce jour il n'a pas cessé son service un seul instant, et je dois ajouter, sans crainte d'être démenti, qu'il n'y a pas à Paris un orgue fonctionnant davantage que celui-là.

Je suis élève de Barker, plus tard je fus contremaître dans ses ateliers, et c'est avec une véritable passion que je m'associai à ses recherches sur l'application de l'électricité aux orgues; c'est à moi qu'il confia la direction et l'exécution pratique des travaux électriques dans l'orgue de Saint-Augustin. Bien des perfectionnements ont été réalisés pendant la période de construction de cet instrument, et ce serait abuser de votre patience de vous détailler les diffé-

rents essais qui ont enfin abouti à l'orgue de Saint-Augustin tel qu'il est aujourd'hui.

Permettez-moi d'ajouter, Monsieur le Directeur, puisque nous rétablissons des faits, que j'ai apporté moi-même quelques perfectionnements, il y a quelques années. J'ai été chargé par la ville de Paris d'appliquer les susdits perfectionnements à l'orgue de Saint-Augustin, mais je me hâte de dire qu'à cette époque j'étais toujours en rapports avec mon maître C.-S. Barker, qui habitait l'Angleterre depuis 1870. Je lui fis part de mes idées, il les approuva, et c'est en quelque sorte avec son approbation que je me permis de perfectionner son œuvre. Je dois encore à la vérité d'ajouter que le grand électricien, M. le comte du Moncel, de l'Institut, a bien voulu me donner ses bienveillants conseils en cette circonstance; je n'ai rien fait sans le lui soumettre et ai tenu compte de toutes les observations qu'il m'a faites.

Depuis 1870, M. le Curé et MM. les membres de la fabrique m'ont honoré de leur confiance en me chargeant de l'entretien de l'orgue électropneumatique de l'église Saint-Augustin, et l'éminent organiste titulaire, M. Eugène Gigout, témoignera que je m'acquitte consciencieusement de cette tâche.

Voilà, Monsieur le Directeur, ce que je tenais à vous faire connaître; je suis prêt à vous fournir toutes autres preuves que vous pourriez désirer que M. Merklin est loin d'être le premier à faire entrer la facture d'orgues dans une « *phase nouvelle et pleine d'avenir* », comme le dit votre article en terminant.

Je ne puis, Monsieur, vous demander l'insertion de ma lettre : elle est d'abord trop longue, ensuite ce serait abuser de votre bonté; mais ce que je réclamerai de votre impartialité, serait de faire savoir dans votre estimable *Revue* que l'idée première de l'application de l'électricité aux orgues, *rendue pratique* puisqu'elle existe et fonctionne *depuis plus de seize ans* à l'église Saint-Augustin de Paris, appartient en propre à celui que l'on peut appeler à juste titre *un éminent facteur*, à Charles Spackmann Barker, mort il y a trois ans.

Veuillez agréer, etc.

Paul FERAT.

Nous sommes étonné que M. Merklin ait pu donner comme une nouveauté l'application électrique qui précède. Nous avons déjà consacré dans *La Lumière Électrique*, au mois de janvier 1880, un long article à la description des orgues électriques, entre autres de l'orgue de Saint-Augustin de Paris, et on peut en trouver l'historique dans l'*Exposé des applications de l'électricité* de M. Th. du Moncel, tome V. En définitive, c'est M. Stein qui, en 1845, eut la première idée de cette application, puis est venu M. Peschard, qui l'a perfectionnée en faisant réagir l'électromagnétisme sur les leviers pneumatiques des orgues. M. Barker la réalisa pratiquement en 1866 dans l'orgue de Saint-Augustin, et en 1876 M. Roosevelt, à New-York, l'exécuta en grand.

(*Note de la Rédaction.*)

FAITS DIVERS

Un chemin de fer électrique fonctionnera à l'Exposition Internationale de Turin avec des accumulateurs *Nigra*. Une voiture marchera de 9 heures du matin à 11 heures du soir, pouvant transporter 40 passagers à la fois, 20 à l'intérieur et 20 à l'extérieur. Elle sera actionnée par 60 accumulateurs pesant 26 kilogrammes chaque et placés sous les sièges.

Une exposition industrielle et d'électricité aura lieu à Teplitz, en Bohême, de juillet à septembre de cette année.

Une des dernières applications de l'électricité est une machine à couper le charbon actionnée par l'électricité. Il reste à savoir comment la machine travaillera, car il n'est pas facile d'établir les fils dans les passages d'une mine. L'idée n'est d'ailleurs pas tout à fait neuve, car on a déjà employé la machine Gramme comme moteur du foret pour percer des rochers, mais il est évident qu'il y a des dangers sérieux à l'employer dans une mine à charbons, car il est impossible d'éviter les étincelles qui sont d'assez haute température pour enflammer les gaz qu'elles pourraient rencontrer.

Éclairage électrique

Les nouvelles lampes établies à la Banque de France par la Société Edison portent à 250 le nombre total de lampes de ce système éclairant les ateliers d'imprimerie.

Un article du Dr Monin, dans le *Gil Blas*, nous apprend que les ateliers de composition de ce journal sont éclairés à la lumière électrique, à la grande satisfaction du personnel. On ne saurait trop approuver cette installation qui augmente considérablement le confort des compositeurs.

La corporation de Londres avait invité les différentes entreprises de lumière électrique à soumissionner pour l'éclairage de la City avant le 25 janvier dernier.

L'éclairage comprendra cinq rayons ou districts et le contrat est fait pour une période de cinq années au maximum, la commission se réservant toutefois le droit de résiliation au bout de trois mois et après en avoir avisé les adjudicataires quatre semaines à l'avance.

L'éclairage doit avoir lieu du coucher au lever du soleil. Les adjudicataires doivent fournir tout le matériel, machines, lampes, conducteurs, etc., qu'ils sont tenus d'enlever à leurs frais à l'expiration du contrat. Les fils peuvent être souterrains, mais il est peu probable qu'on adopte ce système qui entraîne de trop grands frais pour une installation provisoire.

L'installation qui peut être commencée quinze jours après la signature du contrat doit être finie dans les trois mois, ce qui semble un délai bien court pour un travail aussi considérable, surtout en hiver.

L'éclairage actuel ne doit en aucune façon être troublé pendant la pose, et, en cas d'extinction de la lumière électrique, le gaz sera allumé aux frais de l'entrepreneur.

Les payements auront lieu tous les trois mois et le montant du premier trimestre sera retenu comme garantie par la ville.

Pendant la dernière session parlementaire, les bibliothèques et les salles à manger de la Chambre des Communes à Londres, ont été éclairées par 270 lampes à incandescence Edison. Le résultat a été assez satisfaisant pour décider le commissaire des travaux à augmenter le nombre des lampes jusqu'à 480. Il y a deux machines horizontales à grande vitesse de 8 1/2 pouces sur 10 du type Armington et Sims, faisant 300 tours par minute, dont l'une actionne deux dynamos Edison de 250 foyers chaque, tandis que l'autre dessert deux machines de 150 foyers. N'importe quel circuit peut être mis sur une dynamo quelconque, et comme chaque paire de dynamos est mise en dérivation (c'est-à-dire que chaque machine fait la moitié du travail des deux), on voit que tout a été fait pour que les lampes ne s'éteignent pas

en cas d'accident aux machines. Les lampes sont ainsi distribuées : 276 dans les bibliothèques et salles à manger, 32 sous les galeries de la Chambre, 24 lampes sur les tables dans les bureaux, 32 dans les vestibules, 21 dans la chambre de la presse, 12 dans la salle de lecture, et le reste dans les escaliers, lavatoires, etc. Partout où il a été possible, on a conservé les appareils du gaz en y appliquant les lampes électriques, dont les fils sont entièrement cachés. Vingt différents circuits arrivent à un grand commutateur placé dans une chambre au-dessus de la grande salle, d'où on peut facilement les contrôler.

Le comité sur les rues, à Londres, a accepté la proposition de la Edison et Swan Electric Light Company de continuer l'éclairage de Holborn Viaduct pendant trois mois encore, à partir du 24 janvier, aux mêmes conditions qu'avant, c'est-à-dire pour le prix du gaz.

La salle de bal du Wellington Club, à Liverpool, est maintenant éclairée à la lumière électrique. Plus de 100 lampes Swan ont été installées dans les chandeliers en verre taillé qui s'y trouvaient déjà.

Vendredi dernier, les Halls de Bute et Randolphe à l'université de Glasgow, ont été brillamment éclairés à la lumière électrique à l'occasion d'une fête donnée par les professeurs de l'Université. Il y avait 8 lampes à arc et 73 lampes à incandescence, dont 63 de 20 bougies chaque et le reste de 40.

Les bureaux du journal l'*Irish Times* sont éclairés depuis jeudi dernier par près de 200 lampes à incandescence Swan. Le courant est fourni par un nouveau type de machine Siemens à courants alternatifs, dont l'hélice est composée de rubans de cuivre au lieu de bobines de fils, comme dans l'ancien modèle. Une dynamo à montage Wheatstone est employée comme excitatrice et la machine donne à 1500 tours un courant de 100 ampères avec une force électromotrice de 45 volts.

Il est question d'éclairer une partie du nouveau palais de justice à Bruxelles à la lumière électrique, qu'on se propose d'employer pour la salle de la cour d'assises, la salle du tribunal de commerce et la salle des Pas-Perdus. On pense utiliser une des machines à vapeur qui servent à la ventilation du Palais. Les frais de toute l'installation s'élèveraient à 37 000 francs.

Les frais de l'éclairage électrique de la Leipzigerstrasse, à Berlin, entrepris par MM. Siemens et Halske, se montent, pour l'année dernière, à 24 537 marks, tandis que la ville de Berlin leur a payé 26 040 marks de ce chef. On espère réaliser une économie notable cette année en remplaçant les machines à gaz employées jusqu'ici par une machine à vapeur.

Le théâtre royal de Montréal va être éclairé à la lumière électrique.

L'éclairage électrique a gagné beaucoup de terrain à Boston pendant l'année dernière; le nombre total de lampes électriques dans les rues qui était de 96 le 1er janvier 1883 a été triplé pendant l'année, et monte aujourd'hui à 381, dont 258 se trouvent dans la ville même, et le reste dans les faubourgs.

Dans son dernier rapport, l'Australasian Electric Light, Power and Storage Company constate que plusieurs installations d'éclairage électrique ont été faites l'année dernière en Australie, notamment dans les colonies de Victoria et de la Nouvelle-Galles du sud. Ces installations comprennent l'éclairage de rues, de stations de chemins de fer, de docks ou bassins, des chambres des députés, du grand théâtre de Sydney, des sucreries du Queensland et des Fidji ainsi que de maisons particulières. L'Australasian Electric Light, Power and Storage Company qui est en négociation avec les propriétaires des brevets Swan pour l'Australie, se propose d'établir à Melbourne une usine centrale d'électricité pour fournir l'éclairage aux habitants.

A l'imprimerie du journal l'*Argus* à Melbourne (Australie) on vient d'installer des lampes à incandescence pour l'éclairage de la chambre des compositeurs. Le courant est fourni par la station centrale de l'Australian Electric Light Company.

Le comité des théâtres nommé par la *Citizen's Association* à Chicago vient d'adresser une circulaire à tous les directeurs de théâtres les invitant à adopter le système incandescent pour l'éclairage de leurs salles.

Selon les journaux américains, les essais photométriques de la lampe Edison à incandescence de 16 bougies montrent qu'avec un globe absolument propre et luisant, la lampe donne de 15,64 à 15,87 bougies, avec un globe légèrement couvert de charbon ces chiffres tombent à 12 ou 13 bougies.

Télégraphie et Téléphonie

Les ouragans qui se sont succédé depuis le 25 janvier ont causé des interruptions sur presque tous les câbles télégraphiques, en France et en Angleterre surtout.

Pendant dix-huit heures, Paris n'avait communication qu'avec Rome, et par un seul fil. Neuf fils seulement restaient disponibles sur les centaines qui arrivent à Paris de toutes les parties du monde. Douvres a été entièrement privé de communications pendant plusieurs jours, même le câble de Douvres à Ostende a été interrompu. Comparativement peu de mal a été fait à Londres, mais sur une distance de cinquante milles dans le nord de l'Angleterre, poteaux et fils ont été renversés par le vent.

Le steamer *Faraday*, appartenant à MM. Siemens frères, de Londres, est parti la semaine dernière, ayant à bord la première partie du nouveau câble Gordon-Mackay. Un accident survenu à l'hélice a obligé le *Faraday* à s'arrêter dans le port de Queenstown, où il est arrivé vendredi dernier. Cette première section du câble mesure 1 100 milles, dont la pose va être commencée du côté américain. Les électriciens à bord communiquent constamment entre eux à travers le câble pour s'assurer de son bon fonctionnement. Le *Faraday* a quitté Queenstown le lendemain de son arrivée.

Le 20 décembre dernier, la National Telephone Company commençait la construction de 60 lignes télégraphiques pour différentes maisons de commerce de Birmingham, et en moins de six semaines toutes les installations étaient complètement finies. Les lignes étaient, en moyenne, de 600 mètres chaque, et en tenant compte du temps perdu par plusieurs arrêts forcés, le travail a été fait en cinq semaines seulement.

Il y a aujourd'hui 80000 milles de câble sous-marin en opération par les différentes Sociétés, représentant un capital de 850 millions de francs. Neuf câbles traversent l'Atlantique et 29 bateaux à vapeur sont constamment occupés à poser, examiner et réparer ces câbles.

Le directeur général des postes et télégraphes à Londres a commencé un procès contre le conseil municipal de la petite ville de Winsford, qui refuse de laisser placer dans leur commune les poteaux et fils d'une nouvelle ligne télégraphique. Il demande que les conducteurs soient placés sous terre pour éviter les dangers possibles et pour ne pas défigurer le paysage.

Les câbles entre l'Angleterre et la Hollande et entre la Belgique et l'Angleterre sont interrompus.

On annonce que les autorités du département des postes et télégraphes, à Londres, pensent à introduire une modification du système Morse, inventée par M. Anderson, et par laquelle il deviendrait impossible de confondre les différentes combinaisons de signaux.

Les dernières nouvelles de l'Egypte nous informent que les fils télégraphiques ont été coupés entre Khartoum et Berber et entre Marsouah et Karsala.

On annonce que le bateau à vapeur *Calabria* est arrivé à l'embouchure du fleuve Hué ayant à son bord le nouveau câble pour le Tonkin qui doit être débarqué à Thuan-An. La mer a été trop agitée jusqu'ici pour permettre le débarquement qui doit avoir lieu dans quelques jours.

Le câble entre Pernambuco et Fortaleza est interrompu. Les dépêches pour Marauhan et Para sont transmises de Pernambuco à Fortaleza par les lignes de terre.

MM. Mourlon et Ce, de Bruxelles, sont en train d'installer une fabrique pour la construction de l'appareil de M. Van Rysselberghe pour les transmissions télégraphique et téléphonique simultanées, ces messieurs ayant entrepris de compléter l'appropriation de 30 000 kilomètres du réseau télégraphique de l'Etat dans un délai de 4 mois au plus.

La Commercial Telegram Company se sert de machines dynamos au lieu de batteries partout, excepté sur le circuit du galvanomètre.

Les lignes télégraphiques du Mexique comprennent aujourd'hui 12 000 milles en opération et les travaux se poursuivent activement, presque toute la construction étant entreprise par différentes maisons de New-York.

Un nouveau câble sous-marin va être posé entre l'Australie et San-Francisco en passant par les îles Fiji et Sandwich.

Le gouvernement de Queensland a également l'intention de poser un câble du golfe de Carpentaria à Ceylan ou à Singapour, avec le cap York en Australie pour point de départ.

MM. Mackay et Bennett vont appliquer le système de télégraphie duplex de Muirhead au nouveau câble transatlantique.

Au 31 janvier dernier, le nombre des abonnés de la Société générale des téléphones atteignait 5,176, dont 3,321 pour Paris seulement, ce qui donne une augmentation de 629 pendant la dernière année.

La Chambre de commerce à Liverpool a vivement insisté auprès des directeurs des docks pour obtenir des facilités pour l'extension des services téléphonique et télégraphique le long des docks une distance de 8 milles. Un bureau télégraphique a déjà été ouvert au public, mais il est jugé absolument nécessaire de donner beaucoup plus de développement à ce service.

La maison de santé de Whittingham County, Lancashire, a été reliée avec le réseau téléphonique de Preston, par une ligne de sept milles de longueur. Les instruments employés sont du type Gower-Bell, et un essai d'un mois a donné des résultats très satisfaisants.

La compagnie anglaise Swan a demandé l'annulation du brevet allemand pour la lampe Edison, mais le bureau des brevets, à Berlin, vient de refuser, par sa décision du 24 janvier, de faire droit à cette réclamation qu'il déclare mal fondée. Il va sans dire que ce jugement ne crée pas un monopole pour le système Edison, qui profitera seulement de la même protection légale que les autres systèmes à incandescence brevetés en Allemagne.

On vient d'installer à Bruxelles des bureaux publics de correspondance téléphonique où tout le monde peut être mis en communication avec les abonnés de la Compagnie des téléphones, moyennant une taxe de 25 centimes par partie indivisible de dix minutes.

Caracas, la capitale du Venezuela, possède une installation téléphonique avec 190 abonnés. On vient de relier la ville avec son port de mer la Guayra, où il y a déjà 16 abonnés, et le jour de l'ouverture des lignes, 54 communications furent échangées.

Plus de 100 personnes ont été occupées pendant trois jours et quatre nuits à la réparation des dégâts causés par l'incendie dans le bureau central des téléphones à Boston, dont nous avons rendu compte dans notre dernier numéro. Le samedi à 2 heures du matin, deux mille fils entrant dans le bureau avaient été interrompus par le feu. Le mercredi matin tout était réparé et la communication rétablie sur toutes les lignes. C'est une activité vraiment américaine qui fait grand honneur à la Compagnie.

La Ce des téléphones à Washington vient de faire placer un câble souterrain de 50 fils.

La Oriental Telephone Company vient d'installer un réseau téléphonique à Port-Louis (île Maurice).

La demande de la Bell Telephone Company, de Philadelphie, tendant à obtenir un ordre des tribunaux interdisant à la Overland Telephone Company de continuer ses affaires, vient d'être repoussée par la *United States circuit court*. Le procès a une grande importance, car la validité du brevet de Bell en dépend. La décision des juges est basée principalement sur des témoignages pareils à ceux donnés par plus de 100 personnes, pendant les deux dernières années, en faveur de la réclamation de Donough à la priorité de l'invention du téléphone en 1870, six ans avant la demande d'un brevet par Bell. Une autre demande des mêmes plaignants ayant pour objet de faire interdire à la Overland Telephone Company de fabriquer et d'employer des instruments téléphoniques, a également été repoussée.

Le Gérant : A. NOAILLON.

Paris. — Imprimerie P. Mouillot, 13, quai Voltaire. — 45766

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

51, rue Vivienne, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ | DIRECTEUR SCIENTIFIQUE : TH. DU MONCEL

ADMINISTRATEUR : H. SARONI

6e ANNÉE (TOME XI) SAMEDI 23 FÉVRIER 1884 N° 8

Théodose-Achille-Louis DU MONCEL

Nous avons la douleur d'annoncer la mort de notre éminent et sympathique directeur scientifique, M. le comte Du Moncel, emporté presque subitement après quelques jours de maladie.

Théodose-Achille-Louis Du Moncel était né à Paris le 6 mars 1821; son père était général du génie et fut pair de France. Après avoir partagé ses premiers travaux entre l'archéologie et les arts du dessin, il commença en 1852 à s'occuper d'électricité. Cette science encore jeune, et dont les applications ne faisaient que naître, lui fournit de nombreux sujets d'étude. L'étincelle d'induction, l'effluve électrique, les propriétés des électro-aimants, la conductibilité des corps médiocrement conducteurs sont autant de questions qu'il traita de main de maître, et ces études théoriques ne l'éloignèrent pas de celle des applications de l'électricité.

Non content de créer lui-même de nombreux appareils pratiques et de prendre part par ses propres recherches au développement de la science électrique théorique et appliquée, M. Du Moncel s'en fit en outre l'historien. Ses trois éditions de l'*Exposé des applications de l'électricité*, son *Traité pratique de télégraphie*, étaient déjà publiés au moment de l'Exposition de 1878 et avaient contribué largement à préparer le grand mouvement électrique qui commença à cette époque.

En 1879, il prit la direction scientifique de *La Lumière Electrique* et l'on sait avec quelle activité il se consacra à la rédaction de notre journal. Cela ne l'empêcha pas de publier dans la Bibliothèque des merveilles, pendant cette même période si bien occupée, toute une série de volumes sur « *le Téléphone, l'Eclairage électrique, l'Electricité comme force motrice* », qui furent la continuation et le complément de son œuvre.

En 1860, M. Du Moncel avait été nommé ingénieur électricien de l'administration des lignes télégraphiques et il occupa cette position jusqu'en 1873. En 1874, il fut élu membre de l'Académie des sciences. Il avait déjà, en 1866, été promu au grade d'officier de la Légion d'honneur et était membre de nombreuses sociétés savantes.

D'un esprit libéral et élevé, d'un caractère aimable et bienveillant, M. Du Moncel était accessible à tous. Les inventeurs venaient en foule lui exposer et lui soumettre leurs projets; ils le quittaient, presque toujours fortifiés par d'utiles conseils, mais jamais découragés. De cette manière encore, il aidait au développement de l'électricité appliquée, et cette bienveillance lui valut l'honneur de faire connaître le premier à l'Académie des sciences et à la France le phonographe, le téléphone et le microphone.

La mort de M. le comte Du Moncel enlève à la science un électricien des plus éminents, un technologiste consommé et un travailleur infatigable. Les rédacteurs de *La Lumière Electrique* perdent en lui un maître qui était en même temps un ami. Aussi s'associent-ils vivement à la douleur de sa famille, à celle de sa femme surtout. Madame Du Moncel n'avait pas cessé un instant d'être pour lui une compagne dévouée et l'avait aidé dans tous ses travaux; le malheur est venu la frapper au moment où elle commençait à peine à se remettre d'une longue maladie; nous lui offrons du fond du cœur l'expression de notre respectueuse sympathie.

LA RÉDACTION.

SOMMAIRE

Les boîtes de contact des chemins de fer électriques de MM. Ayrton et Perry; G. Richard. — Le marégraphe électrique; B. Marinowitch. — La machine à voter de M. Saint-Ange Davillé; O. Kern. — L'électricité en médecine (2e article); Dr A. Tripier. — L'installation de la lumière électrique au Crédit lyonnais; P. Clemenceau. — Revue de l'Exposition de Vienne. — Les appareils de mesures (3e article); Aug. Guerout. — Chronique de l'étranger. Angleterre; J. Munro. — Revue des travaux récents en électricité. — De l'installation d'un poste téléphonique à bord des feux flottants, par M. Christiani. — Application du téléphone au scaphandre. — Faits divers.

LES BOITES DE CONTACT DES CHEMINS DE FER ÉLECTRIQUES DE MM. AYRTON ET PERRY

Nos lecteurs connaissent déjà le principe du chemin de fer électrique de MM. Perry et Ayrton (1) et des systèmes de telphérage proposés, d'abord

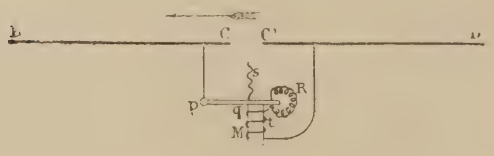


FIG. 1

par M. Fleeming Jenkin (2), puis, concurremment, par MM. Jenkin Perry et Ayrton, réunissant leurs efforts pour l'étude en commun de cette intéressante question (3).

MM. Perry et Ayrton viennent d'apporter, à leur système de chemins de fer électriques, quelques perfectionnements importants, ayant pour objet de remplacer les appareils mécaniques, à pédales ou à plongeurs, actionnés par le locomoteur pour relier automatiquement les sections de la voie au câble électrique ou les en séparer, par des appareils entièrement électriques, fonctionnant sans chocs, à l'aide d'établissements ou de ruptures de courant, provoqués par des contacts de frottement disposés sur le train, ou par le passage même des roues.

(1) *La Lumière Electrique*, 10 juin 1882.
(2) — — 5 mai 1883.
(3) — — 12 janvier 1884. Voir aussi les brevets anglais de Jenkin. N° 1830, 3007 et 4548, en 1882, et ceux de Perry et Ayrton n° 783 (1881), 3380 (1882), 2395 (1883).

Le passage de ces courants dans des *boîtes de contact* placées aux extrémités des sections de la voie principale, et dans des *boîtes de block*, suffit comme nous allons le voir, pour assurer la marche et la protection des trains.

Les figures des dispositions et des appareils que nous allons décrire sont toutes affectées des mêmes lettres pour désigner les pièces semblables.

La marche des trains s'y trouve indiquée par des flèches.

Les systèmes diffèrent, suivant que l'on adopte, pour les voies, la disposition en série ou en dérivation.

SYSTÈMES EN SÉRIE.

Sur les figures 1 à 14, les gros traits représentent les rails ou les câbles qui transmettent le courant et peuvent, si on le veut, supporter en même temps le train et constituer la voie : ces rails sont isolés.

Lorsqu'il n'y a pas de train dans le voisinage des sections B, C et C, D le courant doit, pour que la continuité électrique du système soit maintenue, passer de la section B_1 C à la section C_1 D, par l'interrupteur ou la boîte de contact placée à la rupture C C_1.

Lorsqu'un train se trouve en partie sur chacune des sections C_1 D et B_1 C, l'interrupteur placé en C C_1 est ouvert, de sorte que l'électricité doit franchir la rupture C C_1 à travers le train et son électromoteur.

La disposition électrique la plus simple adoptée par MM. Perry et Ayrton, pour ouvrir et fermer automatiquement la rupture C C_1, est représentée par la figure 1. En temps ordinaire, le courant passe de C à C_1 à travers l'électro-aimant M qui attire alors l'armature *pq*, malgré l'antagonisme du ressort *s*, de façon qu'elle vienne toucher le contact *t*.

Lorsque la première voiture d'un train franchit l'intervalle C C_1, ses roues, ou des brosses convenablement disposées, mettent les points C C_1 en liaison immédiate, et M en court circuit par cette liaison, de sorte qu'il lâche son armature.

Le rappel de l'armature *pq*, par son ressort, ouvre le circuit, et le courant passe à travers le train et son électromoteur.

On peut, pour ramener l'armature *pq* au contact *t*, dès que le train a quitté la section D C_1, employer l'un des deux dispositifs suivants :

Insérer, comme sur la figure 1, entre *q* et *t*, une résistance R, très grande en comparaison de celle de l'électromoteur du train, de sorte que le courant de dérivation, qui traverse l'électro-aimant par

cette résistance, soit trop faible pour qu'il puisse attirer son armature, tant qu'il se trouve mis en court circuit par le passage d'un train sur la rupture CC_1.

Enrouler, comme en figure 2, autour de M, un fil secondaire très fin, qui n'est traversé, tant que le train passe, que par un courant trop faible pour attirer l'armature.

La résistance R de la figure 1 établit, dès que l'avant du train passe sur CC_1, une dérivation qui empêche l'étincelle entre *t* et l'armature *pq*.

Le système représenté par la figure 3 diffère des précédents en ce que la résistance du fil secondaire, qui entoure les électro-aimants M, n'est pas très

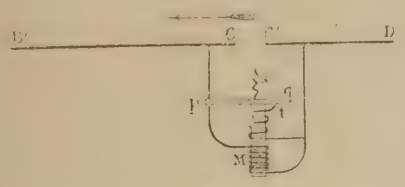


FIG. 2

grande en comparaison de celle du train. Ce fil laisse donc, lorsque le train passe, par exemple, en BB_1, un courant la traverser en quantité suffisante pour exciter l'électro-aimant de CC_1 et fermer cette rupture, avant que la dernière roue du train ne quitte la section C_1D.

On a quelquefois avantage à interposer, entre les sections du rail principal, des pièces conductrices *c*... *d* (fig. 4 et 6).

Dans la figure 4, la pièce *c* est reliée à la sec-

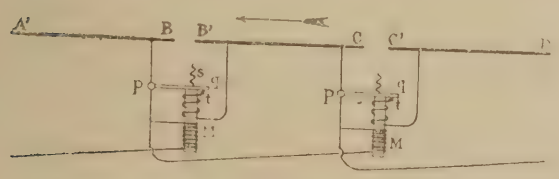


FIG. 3

tion C_1D par un fil de faible résistance, enroulé autour de l'électro M. Lorsque la dernière roue du train touche *c*, le courant passe par C_1 *c*, à travers M, et rétablit le contact *qt;* ce contact se trouve donc rompu par la roue d'avant, puis rétabli automatiquement par la roue d'arrière du train.

Le système représenté par la figure 5 a pour objet d'éviter l'introduction constante des résistances des gros fils des électro-aimants dans le circuit principal. L'armature *pq* est, en temps ordinaire, maintenue, par son ressort *s*, au contact de *t*, et le courant suit le trajet C_1 *t q p* C. Lorsque l'avant du train touche *c*, le courant passe de C' à C, en partie par le fil de M et en partie par *ctpq*, de sorte que l'armature *pq*, attirée par les deux électros M et M' à la fois, s'y applique et rompt le contact. Le courant principal traverse alors M, tandis que M_1 est traversé par un courant dérivé de sens contraire. Lorsque l'avant du train relie directement, et pour un instant, C et *c*, M est

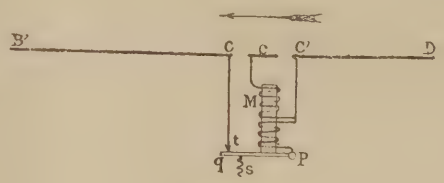


FIG. 4

mis en court circuit, mais M_1 continue à attirer son armature *pq*, jusqu'à ce que les roues ou les brosses de l'arrière du train viennent relier directement C à C_1, mettre en court circuit les deux électros. Ces aimants laissent alors leur armature obéir à son ressort, rétablir le contact et maintenir la continuité du circuit.

Le fonctionnement du mécanisme représenté par la figure 6 est le suivant. Le fil de l'électro M relie la section C_1D au petit conducteur *c* de la rup-

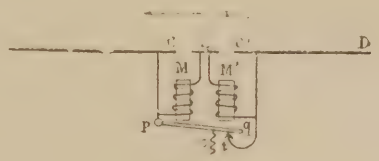


FIG. 5

ture EE_1, non représentée sur la figure; le fil de l'aimant auxiliaire *m*. de DD_1, relie *d* à B_1 C, par l'aimant principal M de la boîte CC_1. Lorsque l'arrière du train relie *d* à D_1E, le courant passe, par *m*, dans la boîte DD_1 et, par M, dans CC_1, *m* attire le cliquet *k*, qui lâche son armature *pq* et la laisse, sous l'impulsion du ressort S, rétablir le contact *t*, et réunir ainsi les sections C'D et D_1E. L'aimant de la boîte suivante CC_1 attire au contraire son armature, dégagée du cliquet, de manière

FIG. 6

à rompre toute liaison directe entre les sections B'C et C_1D et à faire passer le courant à travers le train. Les cliquets *k* n'ont d'autre fonction que de maintenir les armatures *pq* au-dessous des contacts *t*, tant qu'ils ne sont pas déclenchés par les aimants *m*.

Le système représenté par la figure 7, qui réalise en même temps un *block-system*, peut s'appliquer au cas très fréquent où la locomotive est munie de deux roues ou de deux brosses, reliées électriquement, et qui peuvent réunir ainsi le petit conducteur *c* à la section CB_1. La boîte DD_1 étant ouverte, le courant passe, quand *c* se trouve ainsi relié à C ou à C_1, dans les fils des aimants M_1 en CC_1 et *m*, en DD_1 ; M attire *pq*, ouvre CC_1, et ferme DD_1. Il suffit, pour empêcher *pq* de rompre le contact *t* avant que le train ne soit en B_1C, de ralentir le mouvement de cette armature, par exemple, et la munissant d'un piston à air, ou *dash-pot*, analogue à ceux qui tempèrent les mouvements des distributeurs des machines Corliss et des régulateurs isochrones à grandes vitesses. On peut aussi disposer la pièce *c* en dehors du conducteur principal et la

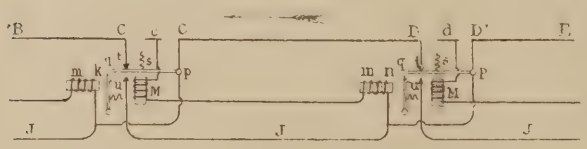


FIG. 7

relier aux sections B_1C ou C_1D, après le passage de l'avant du train en B_1C.

Lorsque le levier *pq* est enclenché par *k*, il fait contact en *u* avec un fil de faible résistance J, relié à la section D_1E, de sorte que cette section ne reçoit aucun courant, tant que la boîte CC_1 reste ouverte, — lors même qu'un train suivant viendrait à ouvrir la boîte DD_1 — puisqu'elle reste en court circuit par le *fil de block* J. Les trains se trouvent ainsi toujours séparés par une section inactive.

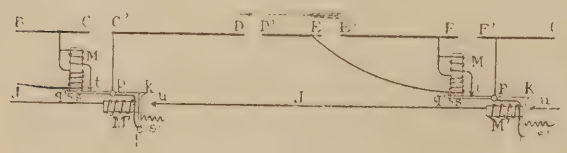


FIG. 8

Le système représenté par la figure 8 permet d'étendre le *block* à plusieurs sections, sans multiplier les fils J, en employant, en certains points de la ligne, des *boîtes de block*, concurremment avec les boîtes ordinaires, que nous venons de décrire. On a supposé, sur la figure, des boîtes de block en CC_1 et en FF_1, et des boîtes ordinaires semblables à celles de la figure 3, en DD_1 et EE_1. Ces boîtes simples sont reliées par un fil de block unique, qui va du contact *u* situé en CC_1, autour de l'électro M_1 de la boîte de block FF_1, au levier *pq*, relié à la section F_1G.

Le levier *pq* porte un cliquet *k*, qui s'enclenche avec l'armature *l* et l'empêche ainsi de faire contact avec *u*, tant que cet enclenchement est maintenu.

Lorsque l'avant du train met en court circuit l'aimant M de CC_1, son ressort *s* abaisse *pq*, soulève *k*, qui lâche *l*, relié à la section C_1D, et le

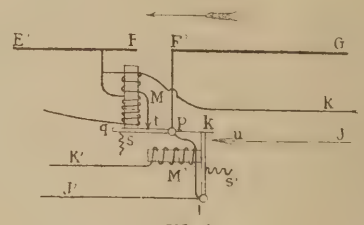


FIG. 9

met en contact avec *u*. La boîte DD_1 étant ouverte, le courant passe par $C_1 p l u M_1 F_1$: l'aimant M de FF_1, attire son levier *l*, l'enclenche et dégage les sections, à partir d'une boîte déterminée, située à une distance quelconque en arrière de FF_1.

Tant que le levier *l* de la boîte CC_1 reste pressé sur le contact *u*, les sections C_1D et F_1G sont reliées par un circuit de faible résistance, de sorte qu'un train qui suivrait de trop près, et aurait

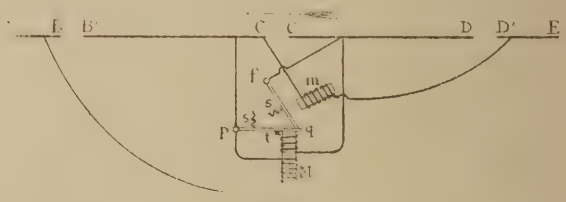


FIG. 10

ouvert la boîte FF_1 avant la fermeture de CC_1, ne recevrait qu'un faible courant, et verrait sa vitesse diminuer rapidement.

Dans certains cas, l'on opère simultanément la fermeture de la boîte DD_1 et l'ouverture de CC_1. Dans ce cas, et lorsque la résistance du conducteur principal est faible par rapport à celle du circuit de block, on peut, au lieu d'enrouler le fil de

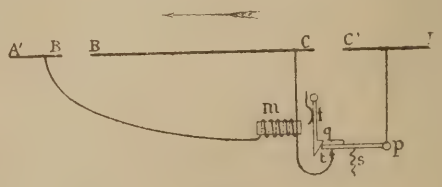


FIG. 11

block autour de l'aimant M_1, dans la boîte FF_1, entourer cet aimant d'un fil fin, dérivant la boîte CC_1, de sorte que, quand cette boîte est ouverte, le contact de block est rompu dans FF_1. Une disposition de ce genre se trouve représentée par la

figure 9; il suffit d'ajouter, au fil de block J, un fil auxiliaire K, pour débloquer les sections.

Lorsque CC_1 est ouvert, *l* est en contact avec *u*, de sorte qu'il établit un circuit dérivé vers CC_1, suivant le trajet $C_1 plu$J, autour de M_1, dans FF_1, et vers B_1C, par le fil K.

Voici comment fontionne le système de la fig. 10. En temps ordinaire, C est relié à C_1 par le circuit $C_1 fqpC$, les fils de l'aimant *m* dérive les ruptures CC_1 et DD_1, de sorte que le levier *f* est attiré, et rompt le contact avec *pq*, chaque fois que l'une de ces boîtes est ouverte. Le courant passe alors de C_1 à C à travers le gros fil de M, tant que l'avant du train ne vient, en franchissant CC_1, mettre ce fil en court circuit et maintenir la boîte de M ouverte jusqu'à ce qu'il ait ouvert la boîte suivante BB_1. Le courant passe dans le fil fin de M, qui dérive BB et ferme le contact *t* en attirant *pq*. L'aimant *m* laisse *f* tomber sur *pq*, sous l'action de son ressort, et fermer ainsi complètement la boîte.

On peut arriver au même résultat en munissant la locomotive du train d'un aimant qui attire, en passant sur CC (fig. 11), le levier *pq*, et rompt ainsi le contact *t*, qui reste rompu, par l'enclenchement *f*,

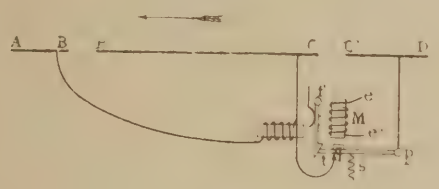


FIG. 12

jusqu'à ce que la boîte BB_1 soit ouverte de la même manière. A ce moment, un *shunt circuit* de BB_1 fait déclencher *f* par *m*, et refermer la boîte CC_1.

Il n'est d'ailleurs pas nécessaire d'employer, pour soulever le levier *pq*, un aimant du train; il suffit de relier (fig. 12), au moment voulu et par le train, au bout C_1 de la section C_1 D, l'extrémité *e* du fil d'un électro M, donc l'autre extrémité *e'* est reliée à la terre.

On peut objecter, à cette méthode, les pertes d'électricité par la liaison du courant à la terre au passage de chaque boîte, mais on peut, néanmoins, s'arranger de façon que *e'* ne prenne terre qu'à l'approche du train, en le reliant à l'armature d'un troisième aimant.

Les systèmes représentés par les figures 13 et 14 jouissent de quelques avantages :

Le courant ne doit pas traverser les hélices de chacune des boîtes, à moins que les trains ne s'en approchent de très près — les points conducteurs isolés, ou courtes sections, sont supprimés — le train n'a pas à porter un aimant, comme dans la figure 12.

Dans le système de la figure 13, le contact se trouve établi, en temps ordinaire, en *t*, et la boîte DD_1 est fermée par le circuit *tpq*. L'aimant *m* est à double enroulement, dérivé, à la fois, sur BB_1 et FF_1. Dès que l'une de ces boîtes est ouverte, le cliquet *k* enclenche *pq*. L'aimant M est aussi à double enroulement, comme *shunt* pour DD_1 et EE_1. Enfin, le train doit être assez long pour atteindre la station C_1 D avant que ses roues d'arrière n'aient mis en court circuit la rupture FF_1.

Lorsque le train se trouve dans cette position,

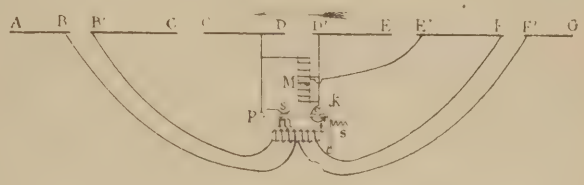


FIG. 13

la boîte FF_1 est fermée par le ressort s_1 et l'aimant *m* de DD_1 cesse d'être excité; son cliquet lâche l'armature *pq* qui, attirée par son aimant M, ouvre la boîte DD_1, et la maintient ouverte tant que l'arrière du train ne franchit pas DD_1.

Lorsque la boîte BB_1 est ouverte, le cliquet *k* enclenche de nouveau son armature, empêche la boîte DD_1 de s'ouvrir, et maintient ainsi bloquée la section qui suit le train.

Les boîtes de la figure 14 comportent deux armatures *pq* et *l*.

L'aimant M est à trois enroulements, dérivés sur BB_1 CC_1 EE_1; si l'une de ces boîtes est ouverte, le contact *pq*, *t* est rompu, et le levier *l* fait contact avec *u*, sous l'action du ressort *s* et de l'aimant *m*, dont le fil dérive EE_1.

Le train, qui doit avoir une longueur supérieure à celle de deux sections, ouvre donc le contact *t*

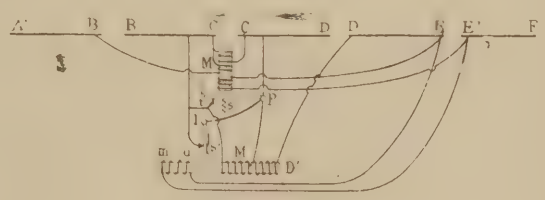


FIG. 14

quand il atteint la boîte EE_1, mais l'aimant *m* maintient le contact *u* jusqu'à ce que le train ait quitté la section FF_1, de sorte que la boîte CC_1 ne se trouve pas complètement ouverte avant que le train n'ait pénétré dans la section B_1C. Cette boîte reste ouverte jusqu'à ce que l'arrière du train ait mis en court circuit le fil de l'aimant M_1, qui dérive CC_1 : le contact *u* se trouve alors fermé, et le contact *t* se ferme quand le train accomplit la même opération en BB_1.

Block-system indépendant

Dans la disposition représentée par la figure 15, le mécanisme du block-system est tout à fait indépendant des autres parties des boîtes de contact.

Lorsque A A_1, par exemple, est ouvert, l'aimant M_1 de CC_1, attire *ln*, de sorte que C est relié à C_1 par C*lnu*RC_1. Le contact *t* s'ouvre et se ferme comme dans la figure 3, la résistance R

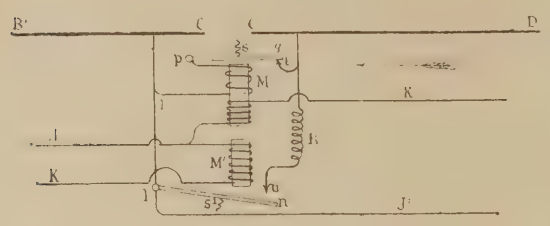


FIG. 15

empêchant le circuit de block de mettre en court circuit le gros fil de l'électro M.

Le train ouvre donc, comme en figure 3, la boîte CC_1, par la mise en court circuit du gros fil de M, mais il ne reçoit, si AA_1 est ouvert, qu'un très faible courant; il restera donc bloqué jusqu'à la fermeture de AA¹ qui ouvrira, par S_1, le contact de bloc *nu*.

On peut, si l'on veut étendre la longueur du block, prolonger la ligne J K au delà de AA'.

Ce système de block indépendant est applicable aux dispositions représentées par les figures 1, 2, 10, 11, 12 et 16.

Dans ce dernier système (fig. 16), la boîte CC_1 est fermée, lorsque le train quitte C_1 D, par un courant qui traverse le circuit de grande résistance et les aimants M, dans BB_1 et M_1 dans la boîte CC_1. L'aimant M attire alors *pq*, qui s'enclenche

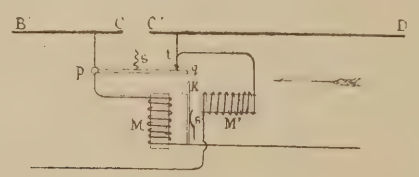


FIG. 16

avec l'armature *k* de M_1, de sorte que le contact *t* reste rompu jusqu'à ce que le train ait quitté la section C_1 D; en ce moment, le levier *lk*, attiré par M, déclenche *pq*, qui rétablit le contact par l'action de son ressort *s*.

Cette méthode présente, sur celles des figures 1 et 2, l'avantage de laisser les boîtes fermées, même après que le courant a cessé de passer par la ligne principale, de sorte qu'il ne faut pas employer, pour fermer les contacts des aimants, une force électromotrice aussi élevée, ou une hélice séparée auxiliaire autour de chaque aimant.

SYSTÈMES EN DÉRIVATION

Le principe du système en dérivation consiste, comme le savent déjà nos lecteurs, à diviser le rail, ou le câble qui fournit directement l'électricité au train, en sections isolées l'une de l'autre et de la terre, et à disposer le train de manière qu'il fasse toujours communiquer la section sur laquelle il se trouve avec le conducteur isolé qui lui amène le courant et la terre.

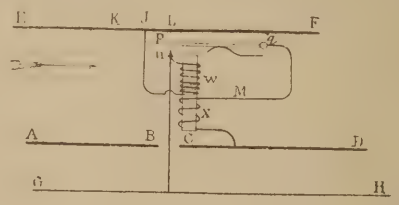


FIG. 17

On peut appliquer, à ce système, des dispositions analogues à celles que nous venons de décrire pour le système en série, mais elles sont sujettes à l'objection que chacun peut paralyser l'action du courant en reliant les rails au conducteur, par exemple, en y posant une barre de fer.

Voici comment on peut remédier à cet inconvénient :

Considérons d'abord le système représenté par la figure 17.

On voit sur cette figure, en gros traits AB CD, les rails isolés, en EKLF les rails de retour du courant par la terre, en GH le câble qui amène le courant.

Quand le train arrive en KL, il se met en court circuit, par la pièce isolée J, avec K, puis avec L. Le courant passe alors de GH au fil fin *uw* de

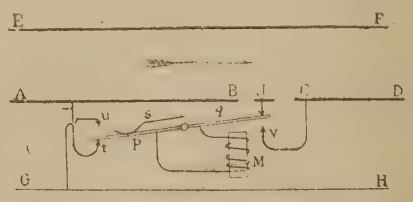


FIG. 18

l'électro M, relié à la terre par J et le train. M. attire *pq*, fait le contact *u*, complète le circuit *upqx*C, et met le rail isolé CD en liaison avec le câble moteur GH. Cette liaison fait passer dans le gros fil de M un courant qui maintient *pq* sur *u*, tant que le train se trouve sur CD; dès que le train a quitté cette section, l'armature *pq* ouvre le contact, CD se trouve de nouveau isolé de GH. Le système fonctionne donc par la seule dérivation du train.

Dans la modification représentée par la figure 18, la courte section isolée J se trouve dans l'aligne-

ment du rail de terre. Le levier *pq*, dont les extrémités sont isolées l'une de l'autre, est pressé en temps normal, par le ressort *s*, sur *t* et J. Lorsque J se trouve relié à la terre par un conducteur de résistance modérée, comme celle d'un électromoteur, il passe, par B*tp*M*q*J, un courant qui fait que M attire *pq* et relie, par *vq* le fil de M*p* et *u*, la section CD au câble moteur GH, tant que le train reste sur CD.

Pour assurer le fonctionnement du système, il

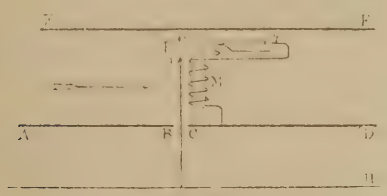


FIG. 19

faut avoir, sur le train, deux électromoteurs alimentés, l'un par des brosses frottant sur J et CD, l'autre directement par AB, ou par des brosses s'étendant de B à C. La dynamo d'arrière maintient ainsi la boîte, à travers laquelle AB reçoit le courant, fermée jusqu'à ce que le passage du train sur CD ait fermé la boîte CD; l'aimant M lâche alors l'armature *pq*, que son ressort ramène dans sa position primitive, interrompant la communication de la section CD avec le câble moteur.

Il faut donc, pour manœuvrer le levier *pq*, remplir deux conditions : la section AB doit déjà être électrisée par un train passant sur elle, et l'on doit établir une liaison métallique entre J et EF. L'une de ces deux opérations seulement, accomplie par un passant, ne saurait donc faire fonctionner l'ar-

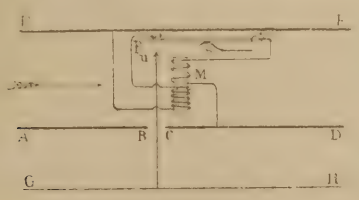


FIG. 20

mature *pq* et occasionner une perte d'électricité. S'il se trouvait, d'autre part, un train engagé sur AB, l'établissement intempestif d'une liaison entre J et EF, au moyen, par exemple, d'une barre de fer posée sur la voie, occasionnerait immédiatement une perte d'électricité, mais cette perte tendrait à repousser le train sur AB, de manière à lui faire éviter l'obstacle.

La disposition de la figure 18 est supérieure à celle de la figure 17, en ce sens que l'établissement fortuit d'une liaison entre J et EF ne pourrait avoir d'effet que sur un train immédiatement à l'arrière de cette communication; mais ces deux dispositions présentent l'inconvénient que si le circuit qui passe par un train entièrement engagé dans la section CD vient à se rompre, le levier *pq* tombe et interrompt immédiatement le courant, de telle sorte que le train reste immobilisé.

La disposition de la figure 19 a pour objet de parer à cette éventualité.

Désignons par AB CD deux sections du rail isolé; par EF le rail de terre ou de retour du courant. Supposons que le train passe de AB à CD; nous voulons qu'il rompe automatiquement la liaison de AB avec le câble moteur GH, et relie GH à CD.

Les extrémités du fil de M communiquent, à cet effet, respectivement avec CD et le levier *pq*, appuyé, par *s*, sur le contact *t*, relié à la terre par EF.

Le train pénétrant actuellement sur CD, section qui ne reçoit pas encore le courant, relie temporairement AB et CD, et fait ainsi passer le courant de GH par AB CD M et le rail de terre EF.

Si l'on s'est arrangé de manière qu'il ne s'établisse pas de liaison entre B et C, quand le train

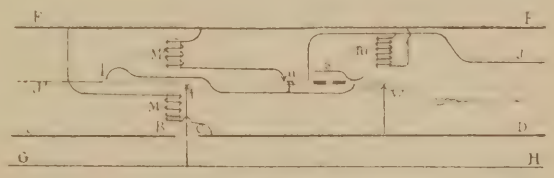


FIG. 21

passe de B à C, celui des électromoteurs du train qui pénètre dans la section non électrisée agit comme une dynamo résistante, le courant qu'il engendre, passant dans M, attire *pq* qui fait contact, en *u*, avec le câble GH.

Le courant de GH passe donc alors, par *u p q*, M. CD, dans le train; dès que le train quitte CD, M lâche *pq* et rompt le contact *u*.

Si le courant est interrompu dans le train pendant qu'il est en CD, M laisse *pq* remonter et interrompre la communication de CD avec GH.

Pour repartir, le train porte des accumulateurs, employés pour son éclairage et chargés en marche active, ou une petite dynamo marchant à la main, qui sert à faire passer dans M le courant suffisant pour fermer la boîte.

Afin d'assurer le fonctionnement de cette mise en marche, on peut, ainsi que l'indique la figure 20, relier le contact *t*, au rail de terre EP, non pas directement mais par un fil fin autour de l'aimant. Lorsque *pq* est en contact avec *t*, le courant passe au rail de terre EF, par CD, le gros fil de M, *p q t* le petit fil de M, de sorte que l'armature est attirée par le courant des deux fils de M, et maintenue sur M par celui du gros fil seulement.

La figure 21 représente le système employé pour utiliser le fil de block comme agent de rétablissement, dans les boîtes de contact fonctionnant entièrement par l'électricité.

Lorsque le train entre en CD, le courant passe de B à C, puis à la terre, à travers le fil fin de M. Le levier *lr*, attiré sur *t*, y reste au contact jusqu'à ce qu'il en soit enlevé par M_1.

Le levier *pq*, à bouts isolés, se trouve, en temps ordinaire, appuyé, par un ressort, sur *u* et *w*.

Lorsque *q* appuie sur *w*, *lr* appuie sur *t*, CD communique avec GH, et le train peut recevoir le courant; quand le train arrive à la station suivante, il la relie à la section CD et les opérations recommencent.

Le fil de block J se trouve donc relié au conducteur principal GH, tant que le levier *lr* de la boîte en avant du train fait contact en *t*. Le courant passe, de *j* à la terre, en partie par le fil de faible résistance de M_1, en partie par l'hélice très résistante de *m*. M_1 agit donc très rapidement, et sépare *lr* du contact *t*, avant que *m* n'ait attiré son armature et rompu le contact *u p*, de manière à débloquer la section en arrière.

Le contact *u* étant rompu, il ne passe pas de courant en M_1; le train peut, en avançant, fermer, comme nous venons de le dire, le contact *t*, qui reste alors fermé; mais la rupture du contact *w* sépare CD de GH, de sorte que le train est arrêté par son moteur, qui ne reçoit pas de courant.

Lorsque le train qui se trouve en avant sépare de même le conducteur de la ligne principale, en faisant, dans la boîte qui précède celle de la figure, M_1 attirer *lr*, l'aimant *m* de la boîte figurée lâche *pq*, que le ressort ramène aux contacts *u* et *w*, de sorte que si, par la présence d'un train à la boîte de contact de la figure, *lr* se trouve au contact *t*, le rail principal est relié au conducteur, et le train bloqué démarre automatiquement.

On remarquera néanmoins, qu'un train passant sur une section bloquée attire le levier *lr*, relie le rail au conducteur, et bloque les trains en arrière, tant qu'il reste sur la section.

BOÎTES DE CONTACT ET DE BLOCK

Les figures 23 à 32 représentent différentes espèces de boîtes de contact.

La boîte, représentée par les figures 23 et 24, expose sur un isolateur I à huile de paraffine pour empêcher les pertes par sa surface. L'aimant se trouve en M attaché à un bloc d'ébonite C, l'armature P est attirée, par le ressort *s*, à l'intérieur et contre les pôles de l'aimant. Cette boîte peut servir avec les combinaisons 1, 2, 3, 4, 17. Voici comment elle agit dans le système de la figure 2.

L'hélice de l'aimant à gros fil aboutit, dans ce cas, par V à la section C_1 D, et par T au bouton de cuivre Q; le bouton Q_1, est relié par T_1 V_1, à la section B_1 C. Les extrémités de l'hélice à fil fin de la bobine aboutissent aux fils qui passent par V et V_1. Lorsqu'il s'établit une différence de potentiel

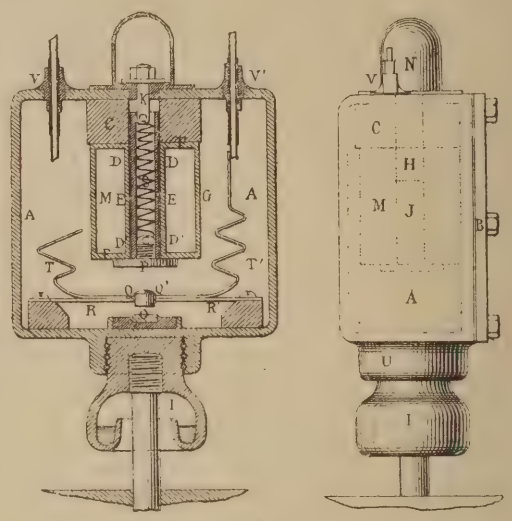


FIG. 23 ET 24

entre C et C_1 (fig. 2), l'aimant M, excité par le courant du fil fin, attire de haut en bas le noyau de fer H, à prolongement en bronze J, de manière que P vienne appuyer QQ_1 sur le contact *o*, en fai-

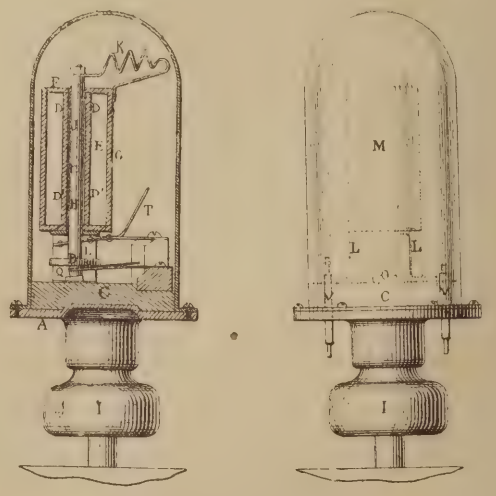


FIG. 25 ET 26

sant fléchir le ressort R. La pièce *o* reliant alors les contacts QQ_1, le courant passe de C à C_1 (fig. 2) à travers le gros fil de l'aimant, comtinuant ainsi à maintenir les contacts.

Les ressorts R forcent QQ_1 à rester au contact de P un peu après avoir quitté *o*; l'étincelle due à la rupture de CC_1 ne jaillit donc jamais entre les

contacts QQ_1 et o, qui restent toujours en parfait état.

Dans les figures 25 et 26, affectées des mêmes lettres que les précédentes, le plongeur H, relié au solénoïde par K, tombe par son propre poids, et fait contact en appuyant Q sur o. Lorsque le courant traverse M, H est soulevé, P presse le contact, Q_1 sur la plaque de bronze L, qui relie M à o.

Dans l'application de cette boîte au système de la figure 3, Q_1 représenterait le contact t; Q représente les contacts u des figures 8 et 9, reliés au fil de block.

La construction de la boîte représentée par la figure 27 est plus simple; l'enveloppe en fer C, de l'électro M, recouvre tout l'appareil : les tubes DD sont remplacés par un noyau en laiton E. Les contacts s'établissent par les touches à ressort

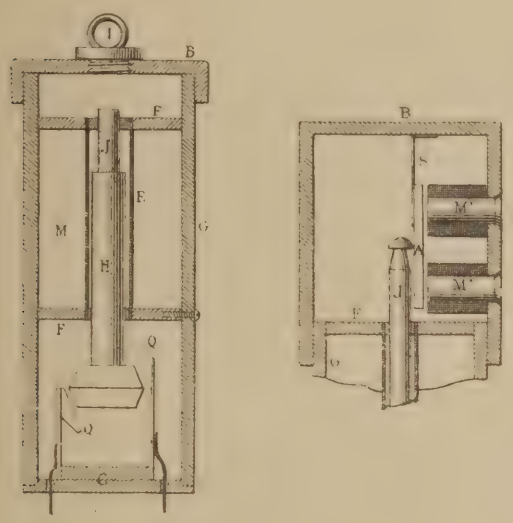


FIG. 27 ET 28

QQ^1, le tout est suspendu, et relié électriquement au rail principal, par l'anneau I. Les fils sortent au bas de l'appareil, à travers un fond isolé.

La figure 28 indique la construction d'un enclenchement AS_1 avec électros M_1, saisissant ou lâchant l'armature J de M, ainsi que nous l'avons expliqué dans la description des figures 6, 7, 11 et 12.

Les figures 29, 30 et 31 représentent l'installation d'une boîte de block et de contact.

Le câble principal C est relié, par C_1, au levier l_1, articulé sur l'isolateur I. Le cliquet K et le levier l_2 sont tirés par le ressort s_1, de manière à appuyer p_1 sur le levier l_1, et p_6 sur D_1, isolé de la boîte.

Le plongeur P_1, du solénoïde M_1, tire, quand le courant traverse M_1, le levier l_2, le cliquet K se trouve alors enclenché par le ressort S et l'arrêt N empêche l_1 de tomber sur p_1, de sorte que les contacts se trouvent rompus entre $p\ l$ et D_1.

Sur la figure 31, qui représente la boîte renversée, le levier l_3 est tiré du haut en bas par le ressort s_3, et de bas en haut par le plongeur P_2, du solénoïde M_2. Le levier l_4 est soulevé par le contact de l_3 et presse, par p_4, sur D_2. Lorsque l_3 est abaissé, l_4 le suit jusqu'à ce qu'il soit enclenché par F. Les contacts D_1 et p_1, p_1 et p_4, sont reliés par des fils, un autre fil relie p_2 et D_2 au rail principal.

On voit ainsi que, lorsque les deux leviers, l_3 et l_4, sont soulevés, le rail est relié par C au con-

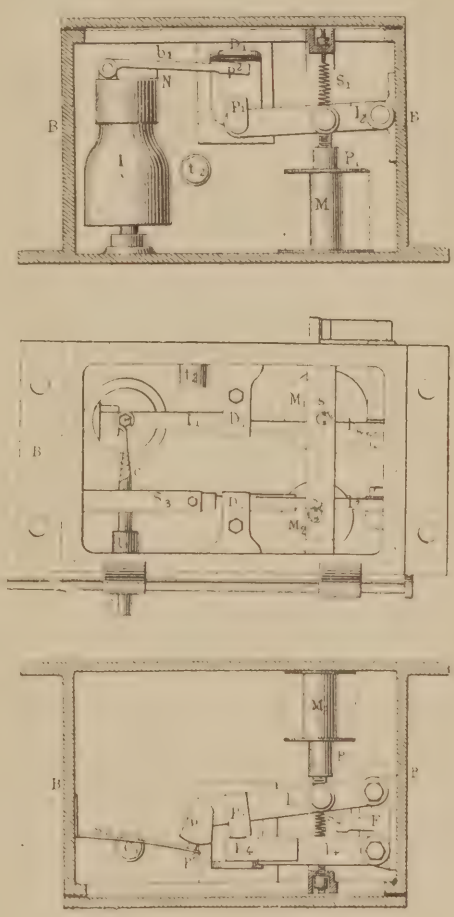


FIG. 29, 30 ET 31

ducteur principal, de manière à recevoir le courant dans sa section.

La boîte est reliée à celle qui précède, en avant du train, par un fil entourant M_1, aboutissant à p_3 et qui se trouve, lorsque le levier l_3 est soulevé, pressé sur le contact du ressort s_3, et relié ainsi à la terre.

La figure 32 représente les additions qu'il faut faire à la boîte représentée par les figures 29 à 31, pour l'adapter au système de la figure 21.

Lorsque le train approche, l'électro-aimant m

déclenche K, le ressort s_1 ramené par l_2, p_1 sur le contact p_5 et sur D_1, et le conducteur principal est relié au contact p_4.

S'il se trouve un train sur la section en avant, un courant revient en arrière, par le fil de block, autour du fil fin de M_2, toujours relié par une de ses extrémités à la terre. Le plongeur P_2 est donc abaissé, $p_3 p_4$ et D_1 cessent d'être en contact, de sorte que le rail principal est séparé du conducteur.

Dès que le train quitte cette section, la boîte en avant s'ouvre, le courant cesse de passer, par le fil de block, autour de M_2, le ressort s_2 ramène le levier l_3 et amène p_4 au contact p_2 et de D_2. Le rail communique avec le conducteur, et le courant passe dans le train.

Lorsque le train ferme ensuite la boîte en avant, le courant revient à la terre, par le fil de block, en excitant M_1 et M_2. Les leviers l et l_3 s'abaissent,

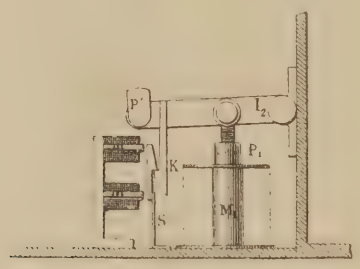


FIG. 32

l_2 s'enclenchant avec K qui le maintient tant qu'un autre train ne vient fermer la boîte de la même manière. Lorsque l_3 est abaissé, p_3 est séparé de p_5, le courant ne passe plus autour de M_1, mais M_2 continue d'attirer p_2 et de séparer p_4, tant que le train occupe la section d'avant.

MM. Perry et Ayrton ont donc étudié avec le plus grand soin l'ensemble de l'application de leurs systèmes de locomotion électrique à un grand nombre de cas.

Nous pensons que l'étude de ces systèmes pourrait être utile, non seulement aux personnes qui s'occupent de locomotion électrique proprement dite, mais aussi aux ingénieurs de chemins de fer intéressés à la question des signaux de block commandés directement par l'électricité, qui commencent à se répandre aux Etats-Unis.

J'espère donc que les lecteurs de ce journal voudront bien me pardonner, en raison de leur utilité, la longueur et l'aridité des descriptions que je viens de mettre sous leurs yeux.

GUSTAVE RICHARD.

LE

MARÉGRAPHE ÉLECTRIQUE

Conférence de M. Von Hefner-Alteneck

Pour enregistrer à chaque instant la hauteur de la marée, les services hydrographiques adoptent en général un marégraphe assez simple. L'appareil se compose en principe d'un flotteur à contrepoids dont le mouvement de montée et de descente, ré-

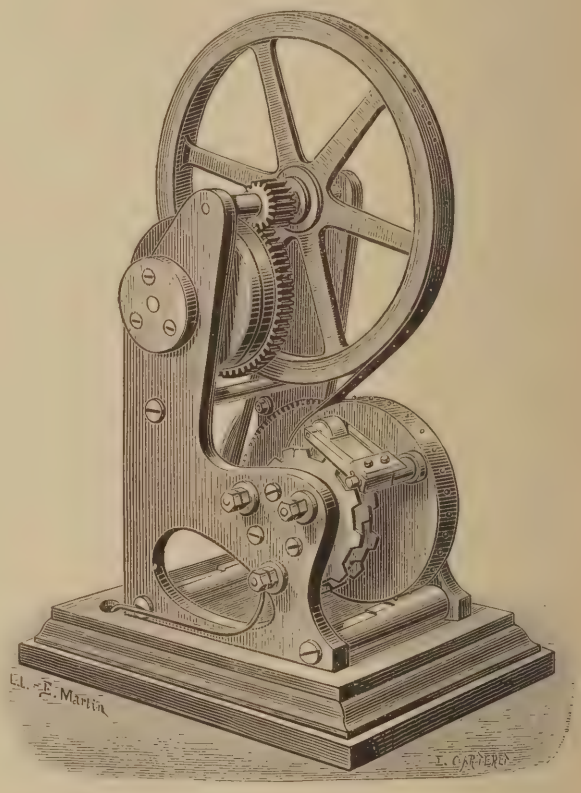


FIG. 1

duit au dixième, grâce à un système de roues dentées, est transmis à un crayon qui se déplace devant un cylindre vertical. Ce cylindre se meut lui même autour de son axe au moyen d'un mécanisme d'horlogerie et accomplit une révolution entière en 24 heures : on obtient ainsi la courbe de la marée dans laquelle les temps sont pris pour abscisses et les hauteurs de la mer pour ordonnées. Pour peu que l'on ait eu à faire usage de ces marégraphes, on leur reconnaît de grands défauts. Lorsque l'on vient à changer la feuille du cylindre, et ce changement doit se faire au moins une fois tous les quinze jours, il y a interruption de la courbe. Il faut en outre se livrer à un travail de

bureau des plus minutieux pour reporter à une même origine toutes ces courbes qui viennent s'entre-croiser et souvent se superposer dans certaines parties sur la feuille originale. Pour rendre cette mise au net possible il est indispensable de marquer à la main, au moins une fois par 24 heures, sur chaque courbe, la date du jour qui y correspond; il est également utile de vérifier l'exactitude des indications données par l'appareil, en faisant plusieurs fois par jour des lectures sur une échelle des marées, placée à côté du flotteur; neuf fois sur dix la levée des lames rend ces lectures très difficiles et le contrôle absolument illusoire.

Toutes ces conditions réunies et d'autres que

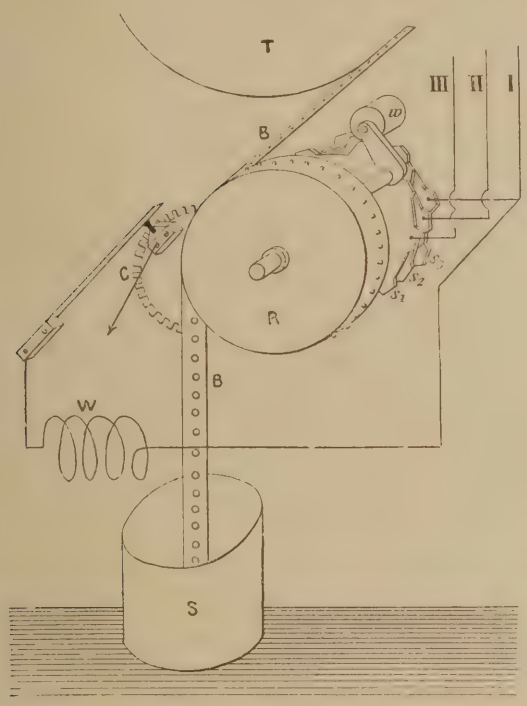


FIG. 2

nous négligeons dans ce rapide examen, nécessitent une surveillance de tous les instants. Il en résulte que ces marégraphes doivent être installés dans une construction spéciale très voisine du rivage, de façon à être abordable par tous les temps et que les indications qu'ils fournissent sont toujours entachées d'erreur, puisque l'on opère sur un niveau où s'exercent des influences perturbatrices que l'on ne trouve plus à un kilomètre au large. Il serait à souhaiter que l'on pût isoler le flotteur en le plaçant à une certaine distance du littoral et transmettre ses indications au moyen d'un jeu de courants convenablement choisis à un appareil enregistreur situé sur la terre ferme.

Au cours d'une de ses conférences, parue dans le n° de décembre 1883 de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, M. Von Hefner-Alteneck nous apprend que ce *desideratum* a été réalisé par la maison Siemens et Halske. Ce marégraphe électrique construit sur la demande de l'amirauté allemande et conformément au cahier des charges imposé par cette dernière, donne toutes les dix minutes le niveau de la mer avec une approximation de 0,12 o/o, et cela pour une différence de 8 mètres entre la plus haute et la plus basse mer. L'appareil se com-

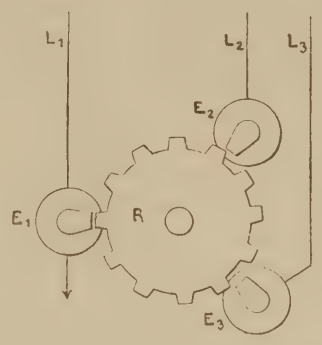


FIG. 3

pose, comme nous le disions plus haut, d'un flotteur et d'un système enregistreur reliés l'un à l'autre au moyen d'un câble. Le câble en question est formé de trois conducteurs ordinaires noyés dans de la gutta-percha et entourés d'une chemise de plomb; cette chemise est elle-même protégée contre tout accident, grâce à une forte garniture de fils de fer et chanvre. Le retour se fait par la terre.

Nous allons entrer successivement dans le détail

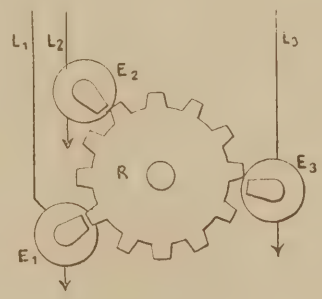


FIG. 4

de chacun des deux appareils, en commençant par le flotteur dont la fig. 1 donne une vue d'ensemble et la fig. 2 un croquis schématique. Le flotteur se meut dans un cylindre de fonte percé à sa partie inférieure d'un grand nombre d'ouvertures d'un faible diamètre, de telle sorte que le mouvement des vagues n'influence pas sensiblement le niveau de l'eau à l'intérieur du cylindre. Ce flotteur est attaché à un ruban de cuivre B dont l'autre extrémité

vient se fixer sur le tambour T. Le ruban B s'enroule autour de T, dans le mouvement de montée du flotteur, grâce à un ressort en spirale disposé de façon à agir sur le tambour T; la tension de ce ressort va en augmentant à mesure que le flotteur descend: on utilise cette différence de tension pour faire équilibre à chaque instant à la différence de poids du ruban déroulé et amener ainsi le flotteur à plonger dans l'eau d'une quantité constante.

Le ruban B porte sur toute sa longueur des trous équidistants et correspondant exactement à des taquets qui font saillie sur la circonférence de la roue R. Quand le flotteur se déplace, la roue R se met à tourner et entraîne dans son mouvement le pignon w qui roule sur les roues dentées s_1, s_2, s_3. L'épaisseur de w est égale à celle des trois roues s_1, s_2, s_3 et un ressort spécial assure à chaque instant un contact intime entre le pignon et les roues dentées. Ces mêmes roues s_1, s_2, s_3 sont isolées l'une de l'autre ainsi que de l'arbre sur lequel elles sont calées et communiquent chacune avec un des conducteurs I, II, III; elles sont taillées et montées de façon que dans chaque roue le plein d'une dent corresponde au vide dans les deux autres. Il résulte de là que dans le mouvement du pignon w, ce pignon ne se trouve jamais en contact qu'avec une des roues s_1, s_2, s_3.

Si nous ajoutons que les lignes I, II, III, sont

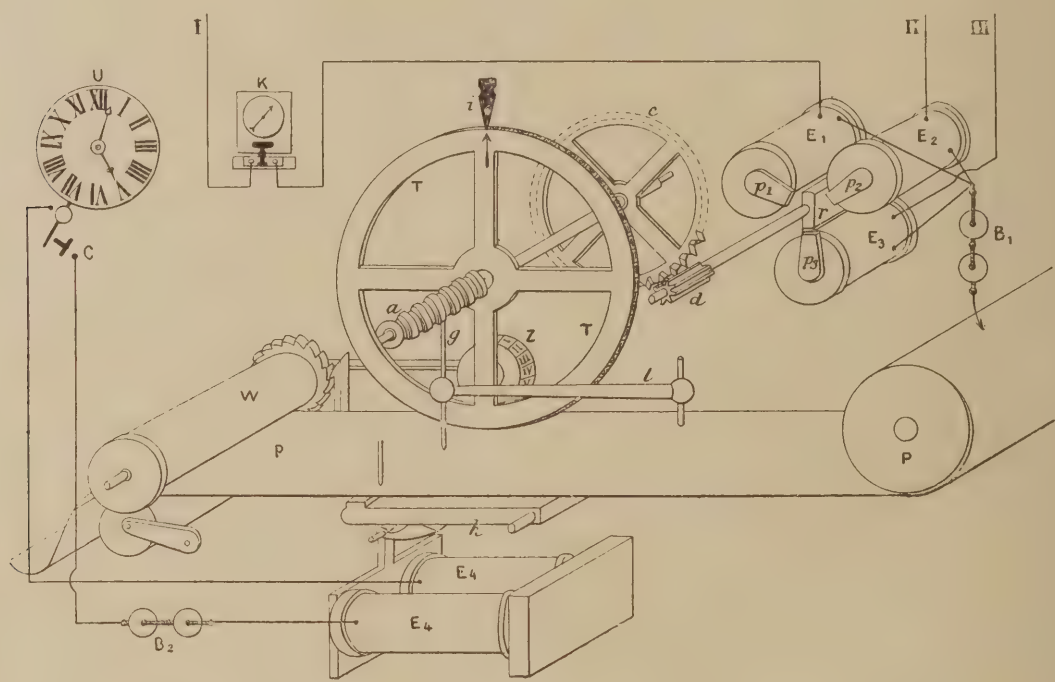


FIG. 5

réunies dans la station du littoral à l'un des pôles d'une pile dont l'autre pôle est relié à la terre et que w, communique avec le sol par l'intermédiaire de R et du corps de l'appareil, il est facile de voir que pour un déplacement vertical du flotteur dans un sens on aura des courants se succédant dans l'ordre I, II, III, I, II, etc., tandis que cet ordre deviendra III, II, I, III, II, etc., si le sens du déplacement du flotteur vient à changer.

Pour se rendre compte de la façon dont on peut appliquer en général une variation de courants de cette nature à produire un mouvement de rotation dans les deux sens, il suffit de se reporter aux figures 3 et 4.

Les conduites L_1, L_2, L_3 communiquent avec les bobines de trois électro-aimants E_1, E_2, E_3 dont les pôles sont recourbés normalement à la circonférence de la roue R. Il n'y a jamais qu'un pôle en face d'une dent : la distance entre deux pôles consécutifs doit être égale à un multiple du pas augmenté (fig. 3) ou diminué (fig. 4) du tiers de ce même pas. On voit à la simple inspection des figures que R tournera dans le sens des aiguilles d'une montre lorsque les courants suivront l'ordre L_1, L_2, L_3, etc., au cas de la figure 3; au cas de la figure 4 le mouvement de rotation sera inverse de celui des aiguilles d'une montre pour ce même ordre dans les courants; mais dans un cas aussi bien que dans l'autre, et c'est là le point important, le sens de la rotation change alors que l'ordre dans la succession des courants vient à être interverti.

La figure 6 représente une vue photographique

de l'appareil enregistreur; ce même appareil est reproduit d'une façon schématique dans la figure 5. On voit immédiatement que la roue dentée *r* est réduite à sa plus simple expression, puisqu'elle se compose de deux dents seulement: les électro-aimants sont disposés à 120°, et pour un changement de courant la roue *r* décrit un angle de 60°, c'est-à-dire un sixième de circonférence. Le mouvement de *r* est transmis au moyen du pignon *d* et de la roue *e* à la roue T. Pour une variation de niveau de 1^m, la roue T accomplit une révolution complète; elle est divisée en 100 parties égales; chaque arc correspond donc à une différence de 1 centimère dans le niveau et porte, gravé en saillie, le numéro correspondant : on a par suite sur la circonférence entière la série des nombres de 0 à 99. L'axe sur lequel est calée la roue T est prolongé du côté opposé à *e*, par une partie filetée *a* qui commande le mouvement d'un stylet *g*. Le stylet *g* est soutenu dans sa hauteur par la tige *l* qui s'assemble avec une fourchette mobile autour d'un axe vertical que l'on aperçoit dans la vue photographique. Le déplacement rectiligne de *g* est de $5^m/^m$ pour une variation de niveau de 1 mètre : sa course totale de $40^m/^m$ par conséquent.

La feuille de papier sur laquelle on recueille les indications et qui est représentée en vraie grandeur dans la figure 7, s'enroule autour du tambour

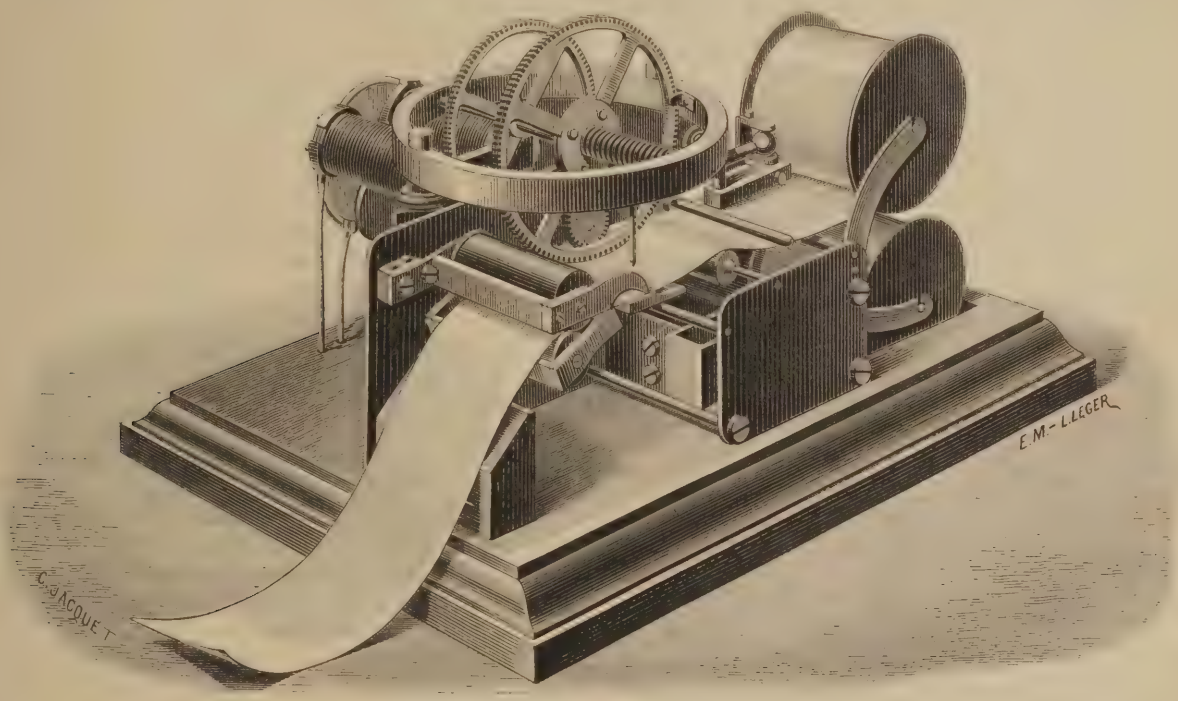


FIG. 6

P et reçoit son mouvement du cylindre W. Cette feuille est recouverte sur toute sa longueur d'un papier préparé, très fin, permettant de prendre les empreintes par impression.

Ceci posé, on se rend aisément compte du jeu de l'appareil. Toutes les dix minutes, une horloge à régulateur ferme le circuit de la pile locale B_2, en établissant le contact en C; l'électro-aimant E_4, attire son armature et agit ainsi sur le levier *h*, qui appuie la feuille de papier sur le stylet placé à l'avant de la figure, et qui sert à marquer le niveau des plus basses mers, sur le stylet *g* et sur les roues T et Z. En retombant, le levier *h* fait avancer d'un cran la roue à rochet qui est montée à l'extrémité du cylindre W et déplace ainsi de cinq millimètres la feuille de papier. La roue Z porte gravées en saillie sur sa circonférence les heures en chiffres romains, et avance d'une division toutes les soixante minutes : le mouvement de Z est également commandé par le cylindre W.

On voit, en se reportant à la figure 7 qu'on obtient une courbe très nette, marquée par points; on a une vue d'ensemble en considérant la courbe elle-même et la hauteur en mètres se lit directement : les fractions de mètre, ainsi que les temps sont indiqués en marge. Ainsi au point *a*, l'appareil donne à 3 heures 20′ une hauteur de marée de $4^m,28$ au-dessus du niveau des plus basses mers.

Cet appareil pourrait très bien fonctionner et n'être pas d'accord avec les indications réelles du

flotteur, aussi a-t-on jugé nécessaire de lui adjoindre le contrôle suivant.

Toutes les fois que le flotteur atteint la cote de 3 mètres au dessus du niveau des plus basses mers, le circuit d'une des lignes ouvertes à ce moment, le circuit de la ligne I par exemple, se ferme en C (fig. 2).

Dans ce nouveau circuit se trouve intercalée une résistance considérable W, de telle sorte que l'énergie du courant est affaiblie au point de n'influencer en rien la marche normale de la roue *r*. A la station du littoral on place en dérivation un galvanoscope K dont l'aiguille est déviée. Il suffit donc de prendre des points de repère sur l'appareil enregistreur, sur la roue T et la vis *a*, de façon à être informée du moment où le stylet *g*

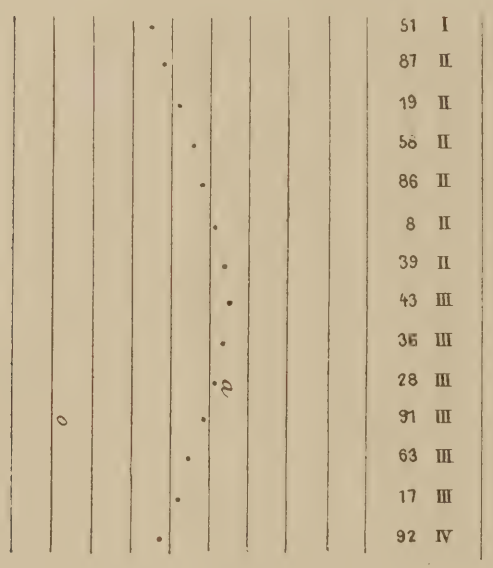


FIG. 7

va marquer 3 mètres ; on ferme à ce moment le circuit du galvanoscope K et on constate s'il y a déviation de l'aiguille.

Comme la mer passe généralement deux fois en une journée par la cote de 3 mètres, il est possible de contrôler l'appareil deux fois par jour, ce qui est parfaitement suffisant.

C'est toujours à la pratique qu'il appartient de juger une invention. M. Von Hefner-Alteneck nous a fait savoir que deux de ces appareils avaient été montés, l'un il y a un an, dans le port de Kiel, l'autre plus récemment à l'île Wangeroog dans la mer du Nord, et que tous deux s'étaient très bien comportés dès le premier jour de leur installation : nous n'ajouterons rien, car c'est évidemment le meilleur éloge que l'on puisse en faire.

B. MARINOWITCH.

LA MACHINE A VOTER DE M. SAINT-ANGE DAVILLÉ

Il y avait à l'Exposition d'Electricité de 1881 deux types de machines à voter, celle de M. Debayeux et celle de M. Saint-Ange Davillé. La première a été décrite dans le numéro du 21 janvier 1882. La seconde a été, depuis lors, quelque peu modifiée par son auteur, et M. Davillé nous envoie aujourd'hui sur son appareil des renseignements détaillés qui nous permettent d'en donner la description.

On sait que la première idée des machines à voter remonte à M. Martin de Brettes. Plus tard, M. Saigey combina un appareil de ce genre, mais sans en donner la description, et c'est seulement en 1862 que l'on vit pour la première fois en France un appareil électrique de vote construit et capable de fonctionner d'une manière un peu satisfaisante, celui de M. Gallaud, construit par M. Morin.

Dans son *Exposé des applications de l'électricité*, t. V, p. 288, M. Du Moncel a décrit cet appareil, ainsi qu'un certain nombre d'autres inventés depuis. Il avait classé les machines à voter en deux catégories :

1° Les systèmes dans lesquels chaque votant a son transmetteur et son récepteur de vote, et dans lesquels la récapitulation des votes est fournie par un appareil qui réagit d'après les indications données sur les récepteurs;

2° Les systèmes dans lesquels les votes ne sont exprimés que sur les transmetteurs et ne sont recueillis qu'au moment même du dépouillement du vote au moyen d'une machine qui se trouve mise successivement en rapport avec ces transmetteurs.

Parmi ces derniers systèmes, il faut citer ceux de M. Daussin, de MM. de Gaulne et Mildé, et celui de M. Debayeux, déjà décrit dans ce journal, et qui résout le problème d'une façon fort complète.

Les appareils de la première catégorie à laquelle appartient celui de M. Davillé présentent des organes en général plus simples que les autres, mais la complication en est d'autre part rendue plus grande par le nombre de ces organes.

Dans le système proposé par M. Martin de Brettes, chaque votant avait devant lui dans son pupitre deux boutons destinés, l'un au vote pour, l'autre au vote contre. Chacun d'eux actionnait en même temps un indicateur de tableau ordinaire et un électro-aimant imprimeur marquant sur une feuille le nom du votant.

Les appareils récepteurs étaient naturellement

divisés en deux groupes correspondant aux votes pour et aux votes contre, et le système était complété par un contrôleur mécanique à boules.

Dans l'appareil réalisé par M. Gallaud, chaque transmetteur était formé de deux boutons, mais les récepteurs étaient réunis en un même tableau, et faisaient apparaître dans les fenêtres de ce tableau, en nombre égal à celui des votants, un disque noir ou un disque blanc. Le comptage des disques s'effectuait au moyen de deux roues munies d'un doigt parcourant une série de contacts. Un courant local était envoyé dans le compteur chaque fois que le doigt se trouvait sur un contact dont le circuit avait été complété par la chute d'un disque. Une des roues servait pour les disques blancs, l'autre pour les noirs, et il y avait 2 cadrans récepteurs. Enfin la chute d'un disque faisait sortir derrière le tableau une pointe, différemment placée selon qu'il s'agissait d'un disque blanc ou d'un disque noir. En appliquant derrière le tableau une feuille de papier portant en correspondance avec les fenêtres les noms des votants, on perçait un trou dans chaque case et la position du trou indiquait la nature du vote.

L'appareil de MM. Clérac et Guichenot rentre dans le même principe général et comprend deux tableaux, un *pour* et un *contre;* mais chaque électro-aimant récepteur, en même temps qu'il fait paraître un voyant à la fenêtre correspondante, fait tomber dans un collecteur une des boules contenues dans un tube réservoir; les votes sont ainsi indiqués sur les tableaux et comptés en recevant les boules dans un tube gradué. L'impression des votes est faite par un procédé électrochimique à l'aide de deux presses distinctes pour les deux genres de vote. Chacune d'elles est formée d'une plaque isolante munie d'incrustations portant les noms des votants et reliées aux circuits de chacun d'eux.

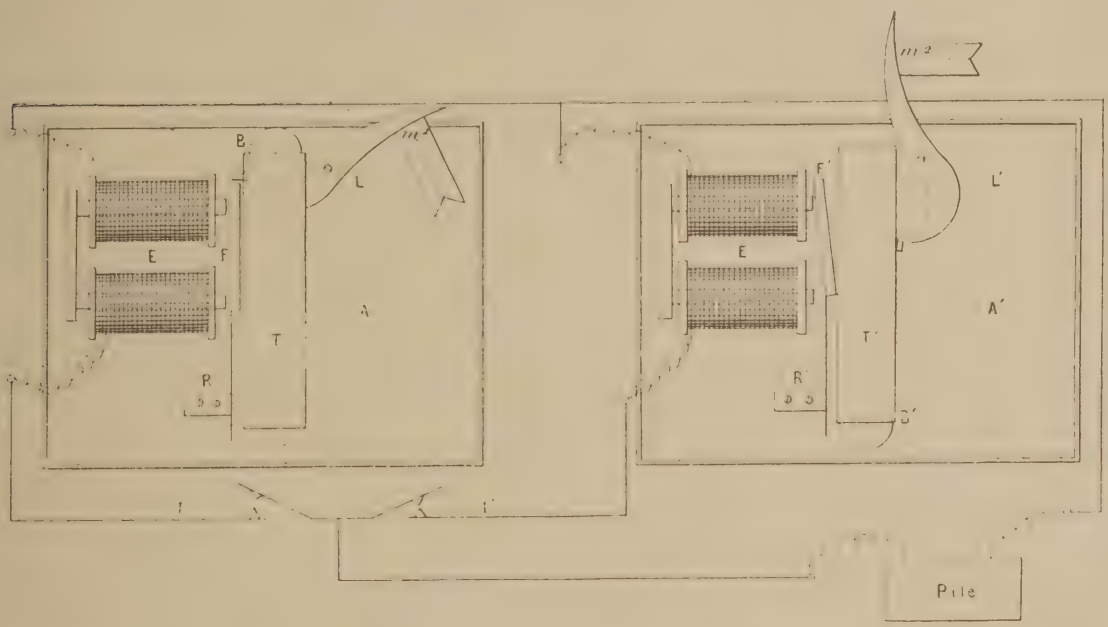


FIG. 1

Sur cette plaque est une feuille de papier préparée chimiquement, puis une lame métallique pleine, reliée au fil de retour; quand un voyant vient se placer devant sa fenêtre, il ferme aussitôt un contact électrique et met en circuit l'incrustation correspondante; le nom du votant se trouve alors imprimé chimiquement sur la feuille.

L'appareil de M. Jacquin est très analogue au précédent et présente comme lui un totalisateur à boules, mais dans lequel le comptage s'effectue par voie de pesée. Il est en outre muni d'un système de pointage analogue à celui de M. Gallaud.

Le système de M. Laloy se rapproche beaucoup du précédent, c'est également un appareil à boules, mais chaque boule en quittant le tube collecteur établit un contact électrique et fait avancer d'un chiffre l'aiguille d'un cadran compteur qui porte autant de chiffres qu'il y a de votants.

Nous ne nous étendrons pas sur les dispositions particulières qui complètent ces différents systèmes, il nous suffira d'en avoir donné une idée générale.

Voici maintenant en quoi consiste le système de M. Davillé.

Le système comprend, pour chaque votant,

trois boutons transmetteurs, l'un destiné aux votes pour, l'autre aux votes contre, et le troisième aux abstentions.

Les appareils récepteurs sont répartis en trois groupes, non plus dans des tableaux verticaux, mais sur la surface horizontale de trois tables. Ils sont analogues comme principe à ceux des systèmes précédemment décrits, mais se distinguent par une très grande simplicité de construction. La figure 1 représente l'appareil d'un votant réduit pour plus de simplicité à deux boutons transmetteurs et à deux récepteurs.

Chaque récepteur comporte un électro-aimant ordinaire de sonnerie E, fixé sur une plaque verticale de laiton, de 8 centimètres de hauteur sur 10 de longueur, et son armature maintenue à distance

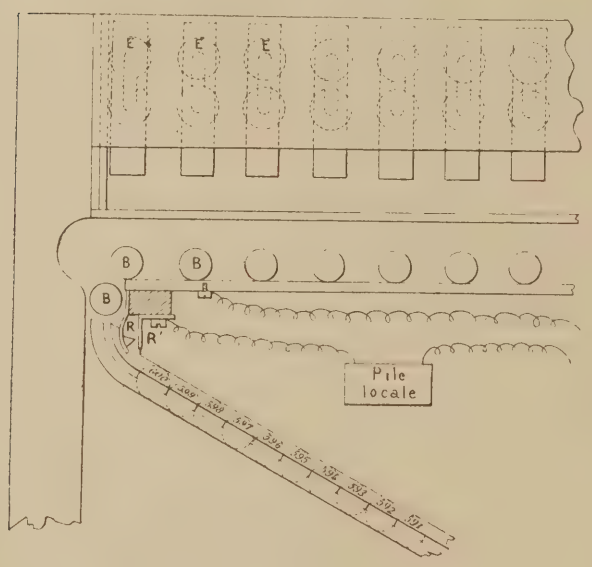


FIG. 2

par un ressort R. Cette armature vient s'appuyer contre un tube T fendu des deux côtés sur une partie de sa longueur, et soutient la pointe d'un levier qui lui-même supporte une boule pesante B. Lorsque l'un des votants appuie sur un de ses boutons, il envoie le courant de sa pile (un élément Leclanché) dans l'un ou l'autre de ses récepteurs. L'armature étant attirée, le levier n'est plus soutenu, la boule tombe au travers du tube et en même temps relève la partie extérieure du levier qui porte un petit drapeau indiquant le nom du votant. Dans chaque table, toutes les boules ainsi libérées tombent sur un plan incliné et viennent, comme l'indique la figure 2, s'entasser dans un tube fendu longitudinalement et gradué, de sorte que pour avoir le nombre des votes, on n'a qu'à lire le numéro correspondant à la dernière boule.

Les récepteurs sont disposés en rangées sur la surface des tables et, par cette disposition, n'occupent pas un espace très considérable. Pour le Conseil municipal de Paris, la surface de chaque table devrait être de 32 décimètres carrés environ, pour le Sénat de 1 mètre carré et de 2 mètres carrés pour la Chambre des députés. Pour les tables de grandes dimensions, le tube collecteur devrait contourner en hélice les quatre pieds de façon à présenter une longueur suffisante pour recevoir toutes les boules.

Il est facile de voir que, quand le vote est terminé, les noms des votants sont visibles au-dessus de la surface de chaque table. Pour remettre les leviers en place, il suffit de passer sur la table une règle un peu forte qui enclenche de nouveau toutes leurs pointes au-dessus des armatures. Il n'y a plus alors, pour procéder à un nouveau vote, qu'à garnir chaque tube de sa boule. Cette opération est très simple, et M. Saint-Ange Davillé a d'ailleurs combiné une disposition mécanique permettant de l'effectuer en quelques instants.

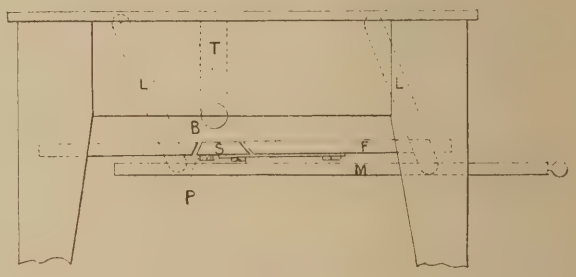


FIG. 3

Pour rendre le vote secret, on place sur chaque table un couvercle élevé laissant un jeu suffisant pour le mouvement des leviers; ce couvercle contient à son intérieur la règle destinée à remettre en place les leviers, et on peut la manœuvrer extérieurement, ce qui assure d'une façon certaine le secret du vote.

Par un dispositif analogue à celui que nous avons signalé dans l'appareil Laloy, chaque boule, en entrant dans le tube collecteur, fait toucher l'un contre l'autre les ressorts R et R' et ferme un circuit local qui actionne un compteur à trois cadrans. Ces derniers sont disposés dans un tableau à trois fenêtres; ils ne laissent par suite jamais voir que trois chiffres, et l'on peut ainsi lire immédiatement le nombre des votes.

Mais la partie la plus originale du système de M. Davillé consiste dans l'impression des votes, obtenue en utilisant le travail produit par la chute des boules sur le plan incliné. La fig. 3 montre la disposition adoptée.

A deux ou trois centimètres au-dessous de ce plan F, s'en trouve un second M, mobile d'arrière en avant et suspendu par quatre tiges d'égale lon-

gueur, articulées à leurs extrémités, de sorte qu'en tirant à soi ce plan mobile on le force en même temps à s'élever horizontalement. Exactement au-dessous de chacun des orifices inférieurs des tubes par où tombent les boules, le plan incliné est percé de trous fermés par de petites trappes S montées sur des ressorts et portant en dessous, en P, une lettre en relief, un C, un P ou un A, suivant la table. Si maintenant on fait glisser dans l'espace de 2 ou 3 centimètres compris entre le plan incliné fixe et le plan mobile une planchette garnie à sa partie supérieure d'un feutre imbibé d'encre oléique, et si on attire à soi ce plan mobile en lui faisant parcourir deux ou trois centimètres seulement d'arrière en avant, on le force en même temps à s'élever et à venir encrer les lettres qui sont au-dessous des petites trappes On laisse aussitôt retomber le plan mobile, on retire la planchette portant l'encre grasse et on la remplace par une autre préparée à l'avance et sur laquelle repose un feutre sec et par dessus une feuille de papier où sont imprimés les noms des votants dans le même ordre que celui des appareils supérieurs.

Ces dispositions préliminaires ne prennent guère plus d'une minute. L'appareil ainsi préparé, dès que les boules des votants tombent sur les trappes du plan incliné elles les forcent à s'abaisser d'un mouvement brusque, et la lettre chargée d'encre qu'elles portent *en relief* à leur face inférieure, vient laisser son empreinte indélébile sur le papier à côté du nom du votant. Dès que chacun a voté, on retire ces feuilles pour les donner aux personnes chargées d'en faire le dépouillement, et on regarnit de boules les tubes qui s'en trouvent démunis.

Les votes peuvent se succéder ainsi de 5 en 5 minutes, à peu près. Outre que l'on a par ce moyen un dépouillement rapide et de la plus scrupuleuse exactitude, c'est encore, pour les nombres, un quatrième élément de contrôle.

On peut arriver à opérer plus rapidement encore le travail préparatoire de l'impression des listes et éviter d'avoir à mettre et à retirer à chaque vote la planchette garnie du feutre imbibé d'encre grasse; il suffit de faire monter ou descendre, à la distance voulue, le plan mobile qui la porte, au moyen d'une vis centrale placée en dessous et de faire ensuite glisser, sur des tasseaux latéraux, la planchette portant la feuille imprimée qui doit être frappée d'un P, d'un C, ou d'un A, suivant la table. Outre un peu de temps gagné, par ce second moyen, on resterait ainsi maître de régler la distance entre le plan fixe et le plan mobile, ce qui peut avoir son utilité à un moment donné.

Enfin, l'auteur s'est préoccupé de la possibilité qu'il y aurait, pour les votants, de faire tomber, avant le vote, une de leurs trois boules ou même toutes les trois, en appuyant, soit par mégarde, soit intentionnellement, sur les boutons placés dans leurs pupitres. Pour parer à cet inconvénient il suffira que le fil de terre des appareils soit amené à un commutateur placé sur le bureau du président qui pourra ainsi ne donner la communication que quand il le jugera opportun et la retirer à sa volonté.

On voit que l'appareil de M. Saint-Ange Davillé, s'il se rapproche dans le principe général de ceux qui l'ont précédé, mérite cependant l'attention en raison de la simplicité de ses organes et de l'heureuse disposition adoptée pour l'impression des votes.

O. Kern.

L'ÉLECTRICITÉ EN MÉDECINE

Deuxième article. (*Voir le numéro du 16 février 1884.*)

HISTOIRE ET PROCÉDÉS

I

ÉLECTRISATION STATIQUE

Les machines électrostatiques à frottement existaient seules lorsqu'on vit que des mouvements étaient provoqués par leur décharge disruptive au niveau de tissus vivants. Témoins de ces mouvements, des physiciens et des médecins virent dans la décharge brusque le médicament du symptôme *abolition du mouvement;* aussi appliqua-t-on tout d'abord ce procédé d'électrisation à toutes les paralysies du mouvement, puis, généralisant l'indication, à toutes les défaillances fonctionnelles.

A côte des effets de la décharge brusque, on en avait noté quelques-uns de la décharge lente et continue : la divergence des cheveux, la sensation de souffle, de toile d'araignée promenée sur les téguments. On essaya de modifier par des actions de cet ordre presque tous les états pathologiques contre lesquels n'avait pas paru indiquée la perturbation causée par la décharge disruptive.

On trouve donc déjà dans ces tentatives, qui remontent au moins à 1740 et étaient vulgaires autour de 1785, des applications *variables*, — celles de la décharge disruptive, — et des applications *permanentes*, — celles de la décharge insensible d'un sujet incessamment rechargé.

L'histoire thérapeutique étant, en électrologie, intimement liée à celle du matériel instrumental, nous rappellerons sommairement ce que fut celui-ci et ce qu'il est devenu de nos jours.

On employa d'abord des appareils dans lesquels on recueillait, par influence ou directement, la charge communiquée par le frottement à un corps

mauvais conducteur ou aux frottoirs. Les machines de Ramsden et de Nairne sont restées les types les plus satisfaisants de ces générateurs. La première fournissait des flux positifs; la seconde, des flux positifs ou négatifs; le pôle non utilisé était mis en communication avec la terre. C'est avec ces deux machines, montées en sources unipolaires, mais surtout avec le générateur positif de Ramsden, qu'ont été faites les expériences dont la relation nous a été conservée.

Plus tard, on essaya de supprimer la communication de l'un des pôles avec la terre, pour avoir des générateurs bi-polaires. On modifia d'abord dans ce sens la machine de Nairne, primitivement montée en source négative; puis on construisit dans cet esprit des machines spéciales à double conducteur cylindrique; enfin Winter donna de ce moteur bi-polaire un modèle à conducteurs sphériques de volumes inégaux, qui reste aujourd'hui le plus satisfaisant. Je ne sache pas qu'il y ait trace dans la littérature médicale d'essais thérapeutiques entrepris avec ces machines. Il serait intéressant d'y revenir, sinon d'une façon définitive, au moins en vue d'essais comparatifs avec les générateurs bi-polaires, piles et circuits induits, employés de nos jours.

Des machines nouvelles permettront d'ailleurs ces essais sans qu'il soit nécessaire de revenir aux anciennes. On ne fabrique plus guère aujourd'hui, en effet, pour avoir les tensions que donnaient les machines à frottement, que des électrophores à rotation dans lesquels les deux polarités peuvent être également et simultanément utilisées. On n'a encore, avec ce matériel comme avec les machines précédentes, fait que reproduire quelques-uns des essais rapportés par les auteurs du siècle dernier, sans en étendre la portée et sans fournir aucun élément à leur appréciation critique.

Après le matériel, les procédés : ceux d'électrisation variable d'abord.

Le plus ancien et le plus usuel est l'application de la décharge disruptive, dite par *secousse* ou *commotion* ou par *étincelle*, suivant qu'elle était faite avec ou sans interposition d'un condensateur dans le circuit.

Ici, l'on distinguait entre deux manières d'opérer :

A. — Le patient, *isolé*, étant en communication permanente avec une source positive ou négative, on approchait de quelque point de son corps un conducteur neutre, assez près pour qu'il y eût décharge brusque.

B. — Le patient étant isolé ou non, la partie de son corps sur laquelle on voulait agir était assez rapprochée de la machine incessamment chargée pour qu'il y eût décharge disruptive.

Réservant le nom d'électrisation *par étincelles* au premier de ces procédés, les auteurs du siècle dernier appelaient le second : électrisation par *irroration*. Si nous avions à les distinguer l'un de l'autre, nous préférerions les nommer par étincelles *données* ou *reçues*. Bien que ces désignations ne répondent qu'à des apparences, elles sont plus propres à caractériser immédiatement les différences du manuel opératoire dans les deux cas.

Dans chacun des procédés qui viennent d'être rappelés, la décharge disruptive a lieu au niveau de la surface cutanée. Si l'on n'a pas de raison de localiser surtout l'excitation dans la peau, si l'on cherche à agir plutôt sur les muscles ou les nerfs, il vaut mieux employer des excitateurs humides appliqués au patient, et faire porter la lacune du circuit sur un point quelconque de sa portion inerte. Cette manière de faire était, au siècle dernier, devenue classique en Angleterre, alors que les procédés par disruption au niveau de la peau restaient usuels sur le continent.

Les effets sensibles de ces procédés peuvent être atténués et réduits à l'impression d'un souffle dirigé sur la partie. Il suffit, pour cela, de décharger le patient isolé, non plus en approchant de lui un conducteur arrondi, mais une pointe. On donnait à ce procédé le nom d'*exhaustion*.

Ou bien on chargeait, au contraire, le patient isolé ou non, en lui présentant une pointe en communication métallique avec la machine en action. C'est à cette manière de faire qu'on réservait le nom d'*insufflation*.

Lorsque, à l'impression de souffle doux ou de vent que donnent ces procédés, on voulait substituer une impression plus rude, « plus vive et modérément piquante, » on substituait à la pointe aiguë de métal une pointe émoussée, ou une pointe de bois vert, ou un balai de brindilles végétales. L'usage de la pointe émoussée ou de bois vert transformait l'électrisation *par souffle* en électrisation *par aigrettes*, lorsque la pointe était suffisamment approchée du patient.

Lorsqu'enfin on voulait obtenir sur une partie un peu étendue une sensation de fourmillement intermédiaire à celle du souffle et de l'étincelle, on pratiquait l'exhaustion en promenant rapidement la boule d'un excitateur neutre sur la partie préalablement recouverte de flanelle ou d'une étoffe de laine quelconque. Ce procédé, dit *par frictions*, ne diffère pas au fond des souffles rudes ou des aigrettes.

Les procédés *par étincelles* ou *commotions* (A et B) représentent des actions nettement variables ; dans les suivants, une action variable douce se trouve ajoutée à celle d'une charge statique permanente. Pareille condition se trouve réalisée dans le *bain électrique*. Le patient isolé étant mis en communication avec l'un des pôles, positif ou négatif, de la machine, reçoit une charge qui va

croissant jusqu'au moment où la déperdition, augmentant avec la charge, devient égale à l'accroissement de charge incessamment communiqué. A ce moment, le patient peut être considéré comme soumis à une charge constante, ou comme lentement traversé par un courant constant. Le *bain positif* aurait des effets diaphorétiques manifestes. Le parallèle entre les bains positif et négatif n'a donné lieu encore qu'à des opinions contradictoires. C'est, en somme, un procédé d'électrisation permanente à conserver et à étudier.

Dans tous ces procédés, on s'est servi de la machine génératrice comme source unipolaire; il appartient à des essais ultérieurs d'apprendre ce que donnerait le fonctionnement bipolaire; c'est de ce côté que portent nos recherches. Il est intéressant, en effet, de voir aujourd'hui ce que donnent les flux d'immense tension et de quantité négligeable ou presque négligeable des machines statiques comparés à ceux de grande quantité et de faible tension de la pile voltaïque.

On voit, en somme, qu'au siècle dernier on employait l'électrisation *permanente* (bain électrique), l'électrisation *variable* (étincelles et commotions), et des procédés mixtes (souffle et aigrettes); que, dans ces opérations, on n'employait qu'un pôle, l'autre étant à la terre, et la neutralisation, la chute de potentiel, se faisant en dehors du patient. On voit enfin que, dans ces électrisations unipolaires, c'est presque toujours une source positive qu'on a fait intervenir, et que la méthode tomba en désuétude avant qu'on eût suffisamment essayé comparativement les sources de polarité négative.

Il nous reste donc surtout aujourd'hui à faire cette comparaison, et à localiser dans le patient lui-même la chute complète du potentiel, pour nous placer dans des conditions permettant d'établir un parallèle entre l'action des courants de haute tension sans quantité et ceux de grande quantité sans tension.

II

GALVANISATION. — VOLTAISATION

Sous le nom de *galvanisation*, on a confondu deux méthodes d'électrisation, voisines sans doute, mais entre lesquelles une distinction devra être faite le jour où la plus ancienne, depuis longtemps abandonnée, sera reprise par la pratique.

Dans la *galvanisation* proprement dite, qui fut peu expérimentée et seulement pendant un petit nombre d'années — de 1792 à 1800 au plus — deux plaques de métaux différents réunis par un arc conducteur étaient appliquées sur deux points différents du corps du patient. De ces deux plaques, l'une, de zinc, était attaquée par les excrétions sudorales, jouant ainsi le rôle d'élément oxydé dans un couple dont le patient représentait l'élément liquide; la seconde, ordinairement en argent, servait à fermer le circuit de ce couple sur lui-même en s'appliquant sur une partie plus ou moins voisine de la première; le circuit était enfin complété extérieurement par un arc conducteur réunissant les deux plaques.

Le courant, dirigé dans l'arc conducteur extérieur du métal non attaqué, de l'argent, au métal attaqué, au zinc, se trouve dirigé dans le sujet de la plaque de zinc à la plaque d'argent. C'est au niveau du zinc que se portent les acides organiques, au niveau de l'argent que se portent les alcalis. Cette orientation paraît tout d'abord opposée à celle de la voltaïsation, dans laquelle les acides se portent sur l'électrode qui continue le pôle non attaqué : la raison de cette différence apparente est que l'organisme, au lieu d'être intercalé dans la portion extérieure du circuit, fait ici partie de l'électromoteur.

Les premiers essais de galvanisation ne sauraient remonter au delà de 1791. A peu près complètement abandonnés après la découverte de la pile valtaïque (1794), on voit combien ils tiennent peu de place dans l'histoire de l'électricité médicale. De nos jours, la galvanisation a été reprise par Crusell et par Spencer Wells en vue de modifier l'évolution de quelques ulcérations, puis par Ciniselli, avec des aspirations plus générales, dans quelques affections médicales. Nous ne possédons que des données vagues et incomplètes sur ce qu'aurait donné cette méthode, qui ne fut peut-être pas appliquée dans des conditions physiques tout à fait satisfaisantes. Je l'ai essayée sans grande suite et avec des résultats encore peu nets, tant comme modificateur médical que comme agent galvanocaustique chimique. Pour les applications médicales, j'ai fait usage d'une plaque de zinc séparée de la peau par de l'agaric mouillé, le circuit étant fermé par un disque de charbon garni de même. Pour les galvanocaustiques négatives, j'emploie une aiguille ou un stylet d'argent ou de platine engagé dans la fistule à cautériser, le circuit étant fermé dans le voisinage par un disque de zinc.

La raison qui m'a empêché de poursuivre ces essais avec suite est la difficulté, que je n'ai pu encore résoudre à ma satisfaction, d'établir les contacts entre les plaques et l'arc conducteur extérieur sans donner naissance à des forces électromotrices de sens contraire à celle qu'on utilise.

En écrivant le mot *voltaïsation* en tête de cet article, je risque un néologisme sur l'opportunité duquel les lignes qui précèdent me dispensent d'insister. On y a pu voir que la galvanisation proprement dite représente autre chose que l'emploi de

la pile; qu'il n'est pas établi que son abandon doive être définitif; enfin, quel que soit le sort que l'avenir lui réserve, elle représente l'action d'un électromoteur presque sans tension, qui mérite de rester au moins provisoirement à titre d'instrument de critique dans des expériences comparatives.

Nous appellerons donc *voltaïsation*, — et non plus galvanisation, — l'électrisation au moyen de la pile, c'est-à-dire au moyen d'un électromoteur continu, dans le circuit *extérieur* duquel est intercalé le patient.

Dès avant 1800, la voltaïsation avait remplacé la galvanisation et l'électrisation statique. On s'explique aisément la préférence qui lui fut donnée immédiatement sur la galvanisation : c'était un procédé du même ordre, d'une application qui devait sembler plus facile, d'effets plus énergiques, et qui se prêtait à des actions intermittentes que ne comportait pas ou ne paraissait guère comporter la galvanisation. Quant aux raisons qui firent préférer la voltaïsation à l'électrisation statique, ce furent le moindre prix, le moindre volume, les moindres caprices de fonctionnement des moteurs voltaïques, alors que les médecins pouvaient croire d'ailleurs, — ce qui était généralement admis chez eux il y a une dizaine d'années et l'est encore très communément aujourd'hui, — que tous les appareils électriques sont équivalents.

Tandis que la galvanisation ne représentait qu'un procédé d'électrisation permanente, la voltaïsation ne fut tout d'abord employée qu'à donner des chocs. Il y avait de cela deux raisons : la première est qu'elle succédait à l'électrisation statique, employée surtout comme agent variable à une époque où — à peu près comme aujourd'hui — on ne tenait guère compte que de son action excitante de la motricité. La seconde fut d'éviter les cautérisations, dont on igorait le méçanisme et contre la production desquelles on ne savait pas se garantir.

Si les piles étaient moins encombrantes et d'un fonctionnement plus sûr que les machines statiques, elles offrirent tout d'abord d'autres inconvenients, notamment la nécessité de les charger pour chaque opération, qui empêchèrent leur usage de s'étendre, et y fit assez promptement renoncer.

La faveur n'avait chance de revenir à la voltaïsation que lorsque parurent les piles à action prolongée, — pile de Daniell, 1826. — De cette époque datent les premiers essais de voltaïsation *continue*, par La Baume; mais ces essais n'eurent pas de suite, probablement en raison de la construction des premières machines d'induction, qui eut lieu vers cette époque (Pixii, Masson).

La voltaïsation continue ne fut reprise, d'une façon que nous pouvons croire définitive, que vers 1850, par Pulvermacher, qui venait de créer un moteur plus maniable que ceux dont on avait disposé jusque-là, puis par Hiffelsheim qui tenta sans grand succès de vulgariser l'emploi de ce moteur. Enfin, sous le nom de galvanisation *continue*, la voltaïsation *discontinue* fut mise à la mode par Remak (1859), tandis que la voltaïsation *continue* n'était appliquée que par les rares praticiens qui, connaissant les travaux de Ciniselli sur la galvanocaustique chimique et sachant pourquoi la voltaïsation donne des eschares, avaient appris à éviter cet accident.

Du jour où parurent les machines d'induction, la voltaïsation discontinue ne devait plus rester comme moyen d'*action variable*, au moins en tant qu'agent thérapeutique. Nous verrons cependant, lorsqu'il sera question du *diagnostic des paralysies du mouvement*, que son emploi y peut souvent fournir d'intéressantes indications.

Maintenant que la *voltaïsation continue* ou *permanente* commence à se répandre, on peut se rendre compte des services qu'elle est appelée à rendre; c'est un point que nous aurons à examiner dans un prochain article.

Je crois utile toutefois de m'arrêter un instant aujourd'hui à quelques observations techniques sur les conditions de son emploi.

Pendant longtemps, et quelquefois encore aujourd'hui, on s'est servi, pour introduire le courant dans l'organisme, d'excitateurs en cuivre ou en argent. Pour éviter l'action caustique, au moins quand on faisait usage de courants faibles, on recouvrait ces excitateurs d'un tissu mouillé, généralement de peau de daim. Or il arrivait que le travail chimique du courant altérait les excitateurs et les encrassait d'une couche peu conductrice qui les mettait rapidement dans le cas de faire un mauvais service. Pour éviter cet inconvénient en même temps que la rapide détérioration de la peau de daim qui en était la conséquence, j'ai substitué aux pièces de métal des excitateurs tournés dans le charbon des cornues à gaz; aujourd'hui, Gaiffe obtient ces excitateurs de charbon par le moulage d'une pâte compacte.

D'autre part, la peau qui a été mouillée, puis séchée, se mouille ensuite plus difficilement et moins également; on devra donc toujours laisser dans l'eau, une fois qu'ils ont été mis en service, les excitateurs à employer. Enfin, lorsqu'on emploie des courants d'une intensité pratique, il faut, pour éviter les cautérisations ou une douleur inutile, garnir les excitateurs mieux qu'on ne fait généralement; Gaiffe place une rondelle d'agaric entre le charbon et la peau de daim; j'en ajoute une seconde en dehors de celle-ci : cette précaution est déjà manifestement utile pour les courants

de moyenne intensité, de 8 à 15 milliampères, par exemple.

Pour avoir de bons courants et amoindrir autant que possible les actions locales en rapport avec les résistances au passage, du Bois Reymond a employé comme excitateurs des masses de terre glaise ; Apostoli, qui a chez nous adopté ces excitateurs, s'en loue fort et a pu, en leur donnant une large surface, employer sans inconvénients des courants plus puissants que ceux usités jusqu'alors.

Supposons qu'on soit en possession d'une bonne pile, de la pile Daniell, de la pile Lalande-Chaperon, de la pile Leclanché, ou du type Gaiffe au chlorure d'argent ; combien de couples faudra-t-il employer ?

Il a été répondu diversement à cette question.

Dans les travaux de laboratoire et dans l'industrie, le nombre des couples à associer en série est calculé sur la résistance de la partie extérieure du circuit : on fait en sorte que la résistance intérieure de la pile soit sensiblement égale à celle de l'arc extérieur. La résistance propre de la pile, somme des résistances de ses couples, est connue d'avance très approximativement. Celle des divers diamètres du corps humain l'est beaucoup moins, et il ne saurait en être autrement : elle varie d'un sujet à l'autre, et, chez un même sujet, suivant une foule de conditions individuelles ou cosmiques. Il est donc impossible d'estimer avec quelque exactitude, chez les êtres vivants, des résistances qui, indépendamment des conditions que nous venons de rappeler, varient facilement du simple au double suivant l'état de la peau, suivant le degré d'humectation des excitateurs, la pression exercée sur eux, suivant leur surface et leur forme. C'est pourquoi je crois inutile de reproduire les indications données par les quelques auteurs qui se sont occupés de la question ; ils ont d'ailleurs fait porter leurs mesures sur les diamètres extrêmes et non sur les diamètres auxquels on a affaire en thérapeutique. Je crois que la pratique en apprend vite plus que ne sauraient faire ces données d'une précision trompeuse. Quand l'intensité d'un courant, mesurée au galvanomètre, n'augmente plus d'une façon appréciable par l'addition de nouveaux couples dans le circuit, je considère la limite voulue comme atteinte ou même un peu dépassée, et juge approximativement de la résistance du sujet par celle, connue, de l'arc de pile mis dans le circuit. Ce mode sommaire d'estimation m'a conduit à admettre qu'une pile de 20 couples suffit à toutes les exigences de la pratique ; 6 à 8 suffisent pour les petits diamètres, 12 à 15 pour les plus grands diamètres usuels. En dépassant ces nombres, on cause, sans profit pour l'intensité du courant, une douleur inutile.

Je dois toutefois reconnaître ici que l'usage en a décidé autrement, et que les règles observées dans l'industrie sont loin de faire loi en médecine.

L'usage, chez nous, a été surtout établi par des auteurs qui, cherchant avant tout à *éviter l'intensité* pour n'avoir pas d'actions polaires caustiques, et croyant que la tension du courant est proportionnelle à la « résistance intérieure » des piles, ont annulé à peu près les leurs, augmentant en même temps le nombre des couples hors de toute mesure. On obtient ainsi des courants sans intensité, mais de tension moyenne. Or la pile n'est pas l'instrument auquel on doive demander ce genre de travail : c'est aux machines statiques qu'il faut s'adresser si l'on veut l'obtenir d'une façon continue, aux appareils d'induction si l'on veut une action intermittente.

Contrairement à l'usage contre lequel je viens de m'élever, j'ai toujours conseillé d'user de couples d'aussi grande surface que possible. Les raisons en sont : de rester maître d'accroître l'intensité par l'accroissement du nombre des couples, sans faire intevrenir, pour l'obtention d'une intensité moyenne, des tensions inutiles ; — d'atténuer autant que possible la polarisation des couples en service ; — enfin, considération qui devrait toucher les médecins, d'assurer une plus grande durée de fonctionnement aux piles.

Il est, dans la voltaïsation, deux périodes d'état variable qu'on ne peut éviter : l'une au moment de la fermeture du circuit, l'autre au moment de sa rupture. La période d'*état permanent* doit être assez longue pour que ces périodes *variables* deviennent négligeables ; quant aux variations correspondant à l'établissement et à l'interruption du courant, elles doivent être ménagées assez douces pour représenter moins des variations brusques que de simples oscillations.

Supposons qu'on ait entre les mains une bonne pile, armée d'un collecteur qui permette de prendre les couples un à un pour les faire entrer dans le circuit ou pour les en écarter, qu'on ait des excitateurs bien construits et convenablement garnis : les effets varieront avec l'intensité du courant, avec sa tension, avec la durée des applications.

Il a été question de la *tension* à propos du nombre d'éléments qui doivent être associés en série. Me fondant sur ce que la pile est un moteur destiné spécialement à fournir la *quantité*, qu'on demanderait vainement aux autres appareils, j'ai conclu à la tension que fournit une pile à éléments peu résistants, dont la résistance totale serait sensiblement égale à celle du circuit extérieur comprenant l'organisme en expérience.

L'intensité du courant est facile à apprécier depuis que nos piles sont munies de galvanomètres

gradués en unités d'intensité. On peut la considérer comme faible jusqu'à 3 ou 5 milliampères, comme moyenne de 8 à 15, comme forte au-dessus de 20.

La *durée* des séances de voltaïsation continue a été fixée empiriquement d'après des conditions complexes : l'énergie des courants, la somme d'effet à obtenir, la susceptibilité des parties sur lesquelles on opère. D'une manière générale, les séances seront d'autant plus longues que les courants auront moins d'énergie. Les courants très faibles et sans tension, conseillés par Le Fort, peuvent être appliqués pendant des journées entières ; les courants très faibles, dix minutes à une demi-heure, peut-être une heure ; les courants moyens, de trois à cinq minutes ; les courants forts, durant trois minutes au plus.

Relativement à la susceptibilité des parties sur lesquelles portent les applications, nous avons à tenir compte surtout de celle du centre nerveux et de celle de la peau.

Celle de la peau ne nous intéresse que peu, et seulement en raison de la douleur, toujours modérée, que peut causer la voltaïsation en faisant sinapisme sous les excitateurs ; c'est sur les parties antéro-latérales du cou que la peau est le plus sensible ; toutes conditions autres étant égales d'ailleurs, c'est sous l'excitateur négatif que la douleur est plus marquée.

Du côté du centre nerveux, j'ai signalé depuis longtemps la facilité avec laquelle les applications faites à la tête ou intéressant le plexus brachial dans le creux sus-claviculaire produisent, lorsqu'elles sont énergiques ou trop prolongées, des vertiges pouvant aller jusqu'à la syncope. C'est surtout lorsque l'excitateur négatif est le plus voisin du centre que ce phénomène tend à se produire. Les précautions que commande cette éventualité sont de ne pas prolonger au delà de trois minutes les applications faites dans ces conditions, et d'opérer couchés les sujets qu'on a reconnus prédisposés à ce petit accident.

Les vues théoriques en vertu desquelles on pratique la voltaïsation la rattachent à deux modes d'action principaux dont chacun comporte un manuel spécial.

Dans certains cas, il y a lieu de faire parcourir au courant un trajet déterminé, celui d'un nerf par exemple. Les excitateurs sont alors appliqués aux deux extrémités du trajet voulu, d'où une voltaïsation que nous appellerons *longitudinale*, ajoutant à cette désignation les indications *centrifuge* ou *centripète*, *descendante* ou *ascendante*, suivant que le courant sera dirigé dans le sens des ramifications nerveuses ou en sens contraire.

Dans d'autres cas, on admet que l'itinéraire du courant est chose indifférente ; que le point important est que l'une des électrodes soit appliquée en un point déterminé du corps, en vue de faire naître autour de ce point une atmosphère d'instabilité chimique avec réaction prédominante acide ou alcaline. On ferme alors le circuit sur un point quelconque assez éloigné du premier pour que le courant soit dispersé et que ses effets soient aussi atténués que possible dans chacune des voies qui lui sont ouvertes. On pratique ainsi ce que nous appellerons la voltaïsation *polaire*.

(A suivre.) Dr A. Tripier.

L'INSTALLATION DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

AU

CRÉDIT LYONNAIS

Pendant les trois dernières années qui viennent de s'écouler, c'est-à-dire depuis l'Exposition de Paris en 1881, la science électrique semble être demeurée, pour le public en général, dans une sorte de torpeur. Toutes les grandes inventions concernant le téléphone, le microphone, la lampe à incandescence, le transport de la force, etc., qui surgirent tout à coup dans le monde entier à des intervalles si rapprochés, avaient fait croire que le mouvement commencé il devait toujours en être ainsi, et que cette suite de grandes découvertes ne devait plus être interrompue. L'électricité avait attiré à elle l'attention générale, et chaque installation nouvelle présentait un engin nouveau. L'engouement était immense, on le sait ; mais la déception fut grande quand, en ce qui touche du moins la lumière, on vit disparaître les applications qu'on avait crues définitives et renaître le gaz qu'on avait cru mort. Tout ce qu'on avait admiré n'était donc pas durable ! Il fallait y renoncer, et les gens du monde de conclure : « *L'électricité, pas du tout pratique!* » Les krachs survinrent, la confiance se retira peu à peu ; et aujourd'hui qu'elle semble un peu renaître, elle est encore loin d'être ce qu'elle fut un instant. Les causes de ce mouvement sont d'une explication facile. Les électriciens savent bien à quoi s'en tenir ; mais le public, qu'occupent exclusivement ses affaires ou ses plaisirs, ne juge que superficiellement les choses électriques, et il ne semble pas comprendre que ce qu'il avait cru d'abord éternel ait pu disparaître, et que ce qu'il avait en son esprit enterré puisse renaître encore sans que pour cela le bruit d'une éclatante découverte soit venu frapper son oreille. Il en est cependant ainsi. Tout ce qui n'avait qu'un instant apparu, réapparaîtra ; mais, cette fois, pour ne plus disparaître.

Si, pendant deux années, les inventions se suc-

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DU CRÉDIT LYONNAIS

cédèrent à si peu d'intervalle, ces inventions ne naquirent pas, comme Minerve, toutes armées du cerveau humain. Pour les rendre viables, il restait une dose énorme de travail à dépenser; pour leur ouvrir les portes de l'industrie, il y avait de nombreuses expériences à faire : la route était longue, et bien que l'horizon soit vaste encore devant nous après ces trois années, pendant lesquelles on a cru voir dormir les électriciens, nous pouvons déjà regarder derrière nous. Les machines sont perfectionnées, les lampes sont simplifiées, les instruments de mesure sont créés, tous les points obscurs sont éclaircis, et la science de l'ingénieur est dotée de riches documents. Tout ce qui, en 1881 encore, était laissé au hasard, est aujourd'hui fixé, déterminé d'avance, et les engins électriques qu'on installe chaque jour sont véritablement nouveaux, en dépit de leur nom ancien. Cette digression nous entraînerait trop loin de notre sujet. Nous n'avons pas, pour le moment, de revue rétrospective à faire; mais, avant de parler de l'installation qui est le sujet de cet article, il était nécessaire de répondre au reproche que nous avons entendu formuler. Deux messieurs, sur le boulevard, devant la grille du Crédit Lyonnais, regardaient un des deux foyers électriques de la façade. « Qu'est-ce que c'est? » disait l'un. « Ça, répondait l'autre, en fronçant les sourcils, *ah! c'est un vieux système!* » Ce « *vieux système* » est admirable, pour une invention qui ne date encore que d'hier. *Vieux système* est un chef-d'œuvre. « *Vieux système* », cela dit tout. Eh bien! oui; le système est vieux, quoiqu'il n'ait pas cinq ans; mais l'installation, elle, est nouvelle, et les résultats obtenus sont nouveaux. La Société Lyonnaise, qui exploite en France les brevets Brush, n'a point fait autour d'elle de grandes réclames retentissantes. Sans bruit, elle a étudié d'abord, puis perfectionné ses engins; elle n'a cessé d'apporter tout le soin méticuleux que réclament les grandes installations d'éclairage, et nous sommes heureux de le signaler aujourd'hui en constatant les résultats. Tout d'abord, disons-le, sur les cent lampes Brush, que renferme actuellement le Crédit Lyonnais, nous ne retrouvons plus cette forme extérieure venue d'Amérique, et sur laquelle nous avons dit déjà ce que nous pensions. Quelque sombre et sévère que soit une maison de banque, on a songé au côté décoratif, et, à part quelques critiques que notre métier nous oblige à faire au point de vue artistique : nous nous déclarerons satisfaits. Cependant, pour les deux foyers qui ornent la façade, encadrés chacun entre deux becs de gaz, nous aimons mieux, s'il faut le dire, les regarder le jour que la nuit. La lanterne n'a, en effet, rien que d'agréable à l'œil quand le foyer qu'elle renferme n'est pas alimenté; mais dès que le courant passe, il en est autrement, et ces triangles lumineux, séparés par des lignes noires qui se dessinent sur le sol, forment une espèce de mosaïque d'un bien regrettable effet. Heureusement, on n'allume pas ces deux lampes tous les soirs, et sans vouloir leur suppression, nous souhaitons néanmoins leur modification.

L'installation comprend deux machines de 40 foyers Brush marchant à 600 tours, dont une de rechange, et quatre machines de 16 foyers marchant à 800 tours, dont une servant d'excitatrice. Ces machines sont mues par trois moteurs à vapeur à condensation de 50 chevaux chacun.

Les 100 foyers Brush qu'alimentent ces machines sont ainsi distribués : 35 dans le sous-sol, 15 dans l'imprimerie, l'économat et le haut du grand escalier; 30 dans la salle des pas perdus, et le reste en différents endroits. Ces foyers sont chacun de 175 carcels effectifs. Il y a, en outre, 3 régulateurs Serrin de 350 carcels, qui éclairent la grande galerie.

Les circuits sont au nombre de 4, un par machine, la machine de rechange et l'excitatrice ne comptant pas.

Comme on le voit l'installation est des plus importantes et si la marche des foyers est régulière, si les conditions économiques sont remplies, la caractéristique de tout cet éclairage est encore dans les machines même. Bien que la machine Brush ait été jugée la meilleure en Amérique, M. Marcel Deprez fut le premier à signaler son côté défectueux. Au delà d'une certaine intensité, sa force électromotrice décroît sensiblement et le rendement a un maximum qu'on ne peut dépasser. Jusqu'à ce jour, il en fut ainsi, et bien que le tracé d'une caractéristique soit extrêmement difficile avec la machine Brush, on est parvenu à le retrouver dans ces derniers temps.

Le phénomène annoncé par M. Marcel Deprez fut entièrement retrouvé ; la courbe s'abaissait vers l'axe des x au delà d'un certain point; et comme c'était là un notable désavantage, M. Marcel Sappey, l'ingénieur en chef de la Société lyonnaise, eut l'idée, pour y remédier, de rompre la connexion entre l'induit et les inducteurs et d'exciter ceux-ci par une machine auxiliaire. Le résultat fut bon et l'on parvint avec une légère augmentation de vitesse à accroître pour un type de machine donné le nombre de lampes alimentées. Dans ces conditions nouvelles, et avec le secours de quelques heureuses dispositions de détail jointes, comme de juste, à certains tours de main dans lesquels nous n'avons pas entrer, la machine Brush offrit une marche d'une régularité parfaite et d'une souplesse étonnante. Il fut possible alors de faire varier dans une certaine limite le nombre des foyers en action sans avoir à agir sur la machine, en un mot, on put faire un peu de distribution : nous sommes heureux de signaler ce progrès.

En résumé donc, nous croyons devoir attirer l'attention sur cette installation du Crédit lyonnais. L'électricité en cette occasion, n'apparaît pas là pour aider à la réclame ; l'utile était le seul but visé ; et il nous paraît atteint autant qu'il était possible. La lumière électrique était seule possible dans un aussi grand édifice, et de plus le choix et l'utilisation des lampes et des machines ne nous semble pas critiquable. Je sais bien que c'est un *vieux système*, comme disait le Monsieur très fort dont j'ai surpris l'exclamation ; mais le vieux, puisque vieux il y a, pourrait bien avoir du bon encore.

P. Clemenceau.

Dans un précédent article paru en décembre dernier sur l'installation d'éclairage de la Cannebière à Marseille j'ai donné un renseignement inexact que je m'empresse aujourd'hui de rectifier.

Les machines dynamo installées sur le vieux port, ne sont destinées à alimenter les lampes qu'en cas d'accident, tandis que les véritables machines travaillant en service normal sont situées à l'extrémité du Prado à 3 kilomètres environ de la Cannebière.

P. C.

REVUE DE L'EXPOSITION DE VIENNE

LES APPAREILS DE MESURES

Troisième article. (*Voir les nos des 9 et 16 février* 1884.)

Appareils pour la mesure des résistances.

Une des formes du pont de Wheatstone les plus employées est la forme boîte renfermant un rhéostat à chevilles et deux bras de proportion également à chevilles comprenant des résistances de 10, 100 et 1 000 unités. Dans le type le plus général de cet appareil, les chevilles sont en nombre égal à celui des bobines de résistance, mais cette multiplicité augmentant la chance des mauvais contacts est défectueuse. Pour y remédier, les constructeurs anglais, tout en conservant aux bras de proportion leur disposition ordinaire, avaient disposé circulairement les blocs du rhéostat, de manière à former quatre cadrans exigeant seulement chacun une cheville. Cette disposition a l'inconvénient d'occuper beaucoup de place ; M. Carpentier en exposait une modification que représente la figure 22 et qui permet de conserver à l'appareil toute la compacité désirable. Les séries d'unités, de dizaines, de centaines et de milles sont placées en ligne droite et la même disposition est adoptée pour les bras de proportion, de sorte qu'il suffit de 6 chevilles pour tout l'appareil. Ajoutons que M. Carpentier emploie pour ces boîtes de résistance des bobines réglables fort ingénieuses dont nous ferons connaître prochainement la construction.

Une autre modification du pont de Wheatstone est celle qu'a combinée M. Kohlrausch pour la mesure de la résistance des liquides et des piles. On se rappelle que M. Kohlrausch avait appliqué le téléphone et la bobine d'induction à la mesure de la résistance des liquides et des piles. Son appareil a été décrit en 1881 dans *La Lumière électrique*. Les figures 23 et 24 en représentent une forme nouvelle exposée à Vienne.

Dans la figure schématique, la bobine est en N alimentée par la pile KZ. Les deux bras de proportion sont représentés par un fil de maillechort tendu BC, de $0^m/^m3$ d'épaisseur et de 25 centimètres de longueur ; le contact mobile qui les sépare est formé par un léger ressort de maillechort D et l'échelle est graduée de telle sorte que le chiffre lu n indique toujours le rapport de la portion a du fil à la portion b. Le téléphone T est placé aux extrémités de BC, la résistance inconnue en x et le rhéostat est constitué par une boîte à cheville R. Quand le son est annulé dans le téléphone on a

$$\frac{x}{R} = n \quad \therefore x = nR$$

Comme on prend dans le rhéostat, suivant le cas, une des bobines de 0.1, 1, 10, 100, 1000 unités, il n'y a, pour avoir x, qu'à multiplier le chiffre lu par la valeur de la bobine choisie, ce qui se fait instantanément ; aussi l'usage de ce pont offre-t-il une grande commodité.

Quand la résistance à mesurer est une pile, le courant qui parcourt l'appareil n'influe en rien sur les sons produits dans le téléphone, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le faire remarquer dans d'autres articles.

Pour le cas où l'on voudrait se servir de l'instrument pour mesurer des résistances métalliques, on peut le faire en éliminant la bobine ; il suffit pour cela d'enlever la cheville S et de tourner un commutateur placé sur le côté de l'appareil.

La bobine est munie d'un interrupteur ordinaire à contact de platine, donnant 150 interruptions par seconde. Il faut pour l'exciter un élément Bunsen ou deux daniells.

Nous avons remarqué encore à l'Exposition de Vienne un appareil de MM. Siemens pour la détermination de la résistance des grosses tiges de métal, reposant sur le principe du double pont de Thomson, modifié par Kirchhoff et Hansemann. Dans cette méthode, le résultat trouvé est indé-

pendant de la résistance aux contacts, de sorte que l'on peut déterminer de faibles résistances avec une approximation de 1/1000 000 d'unité.

La figure 26 donne une vue d'ensemble de l'appareil, la figure 25 représente le schéma théorique. La barre M (fig. 25) dont on veut mesurer la résistance est placée sur les deux fourchettes *g g*. Dans chacune d'elles une des pièces est mobile, de façon que la barre puisse bien s'appuyer contre elles et que le contact soit bon.

Le circuit principal comprend la barre à mesurer M, la pile B (de deux à quatre éléments Bunsen), la clef T et le fil de maillechort N tendu le long d'une règle divisée. Sur ce fil s'appuient deux couteaux de contact *cc* reliés aux deux séries de résistance sur lesquelles est branché le galvanomètre. Les pièces *k* et *l* sont d'autre part reliées à ces résistances. Pour les résistances *o* et *n* on a toujours 10 unités pour *p* et *m*, à volonté 10 ou 1 000.

On cherche la position des deux couteaux pour laquelle le galvanomètre ne donne pas de déviation au moment où on ferme la clef T.

A ce moment, si $\frac{n}{m} = \frac{o}{p}$ et si l'on nomme M la résistance de la barre entre *h* et *i* et N la résistance du fil compris entre les deux couteaux, on a

$$M = N\frac{n}{m} = N\frac{o}{p}$$

L'appareil est accompagné d'une table qui permet de convertir en millionnièmes d'unités de résistances les lectures en millimètres faites le long du fil.

Citons encore (fig. 27) la boussole de proportion pour la détermination des résistances, exposée par M. Carpentier et indiquée d'ailleurs d'autre part par MM. H. Jenkin et Marcel Deprez.

Deux cadres circulaires, placés à angle droit l'un de l'autre, de manière à former les deux méridiens perpendiculaires d'une même sphère, agissent sur une même aiguille aimantée placée au centre de la sphère. Quand ces deux cadres ont même résistance et que deux courants d'intensité différente les parcourent, la tangente de la déviation de l'aiguille est proportionnelle au rapport des intensités, l'action du magnétisme terrestre étant, bien entendu, supposée annulée. L'appareil peut donc servir à déterminer le rapport de deux intensités, mais il peut aussi servir à la mesure des résistances ; si en effet on ajoute à un des circuits une résistance à déterminer, à l'autre une résistance connue, le partage du courant aura lieu dans une proportion inverse des résistances. L'instrument, donnant le rapport d'intensité des courants dérivés, donnera donc le rapport des résistances, c'est-à-dire la valeur de la résistance cherchée en fonction de la résistance connue des circuits de l'appareil.

Pour simplifier les calculs, M. Carpentier donne à chacun des cadres de sa boussole une résistance égale à l'unité, c'est-à-dire à un ohm [1].

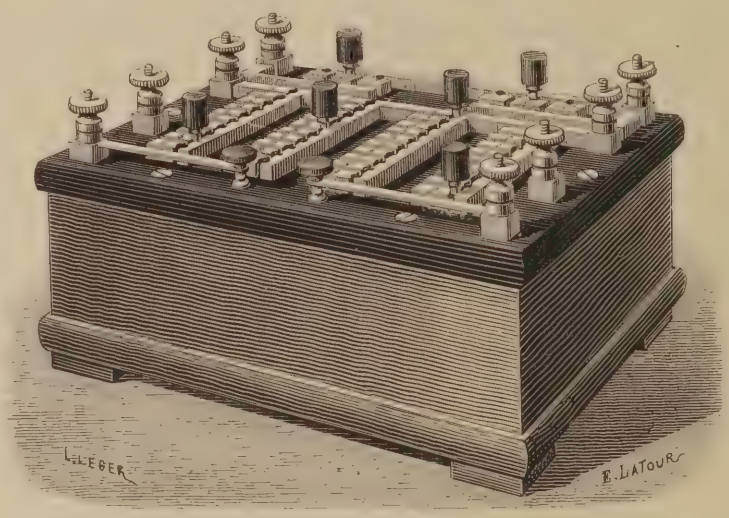


FIG. 26

Appareils pour la mesure des intensités magnétiques.

Nous mentionnerons ici deux magnétomètres industriels dus l'un à M. Uppenborn, l'autre à M. Pfannkuche de Londres. Ils sont tous deux destinés à mesurer la puissance des électro-aimants des machines dynamo-électriques.

Le premier repose sur le même principe que le galvanomètre de M. Uppenborn. Une excentrique en fer E (fig. 28), fixée à un axe monté

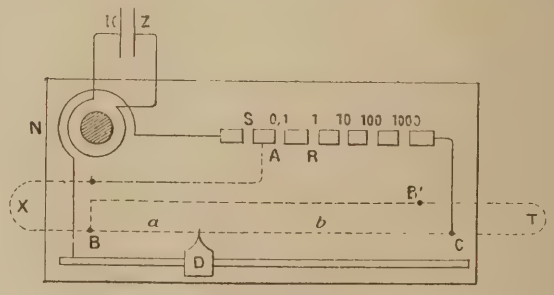


FIG. 27

sur couteaux, est influencée par l'attraction du pôle d'aimant sur lequel on place l'appareil. Dans le

[1] Voir d'ailleurs, *La Lumière Electrique*, 1881, n° 63.

mouvement qui lui est imprimé, elle entraîne le long d'un cadran C un index I fixé sur elle. Un

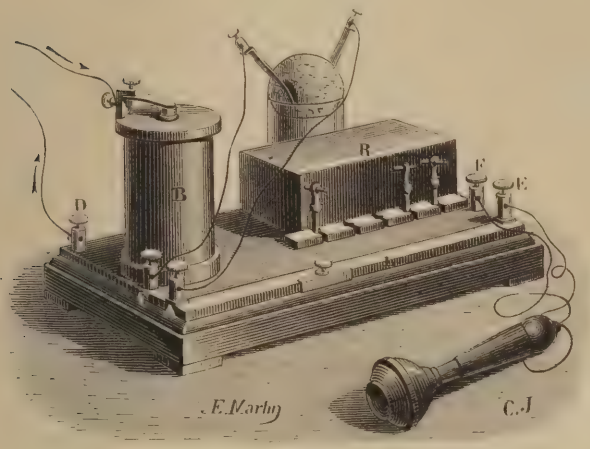


FIG. 24

bouton B, solidaire de l'aiguille A, agit sur un ressort à boudin relié à l'excentrique. En tournant ce bouton, on provoque la torsion du ressort et on peut ramener l'index I à sa position initiale. L'intensité magnétique est mesurée par la force

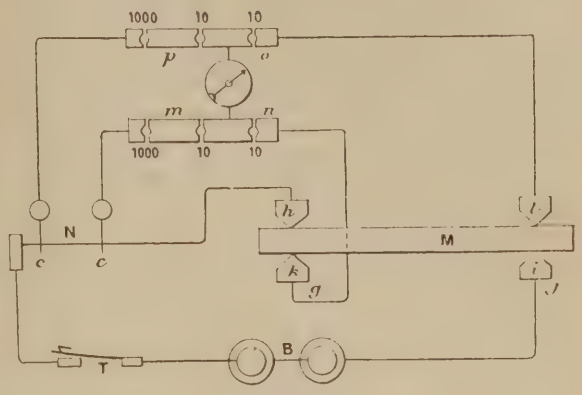


FIG. 25

de torsion que donne l'angle parcouru par l'aiguille A.

Le second appareil, celui de M. Pfannkuche

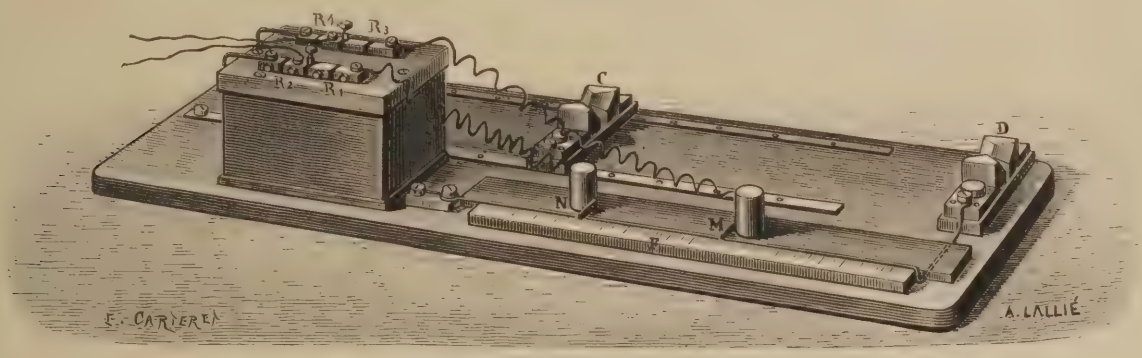


FIG. 29

(fig. 29), se présente sous la forme d'un tube renfermant une masse de fer N fixée à l'extrémité d'une tige T; cette dernière est elle-même contenue dans une vis tubulaire V refendue de deux côtés opposés pour laisser passer une double goupille G fixée à la tige T; un ressort à boudin est attaché d'une part à une pièce PM fixée en V, et d'autre part, à une pièce libre O qui appuie sur la goupille G. En tournant le bouton E, on serre ou on desserre le ressort et on augmente ou diminue la force avec laquelle il appuie sur G et tend à entraîner N. D'autre part, en vissant ou dévissant l'extrémité D du tube, on augmente, de quantités indiquées par des traits et un index Z, la distance entre N et le fond du tube. M est munie d'un second index qui vient jouer au dehors le long de la graduation.

A l'état normal, l'appareil est réglé de manière que le bord de N vienne affleurer avec le zéro de la graduation et que le fond D soit à un millimètre de N. Si on tient alors D contre un pôle magnétique, N est attiré. Pour le ramener à sa position primitive, il faut augmenter la tension du ressort. Pour cela on tourne E de façon à rapprocher MP de O. Quand le bord de N vient de nouveau affleurer le zéro de la graduation, l'équilibre primitif est rétabli; on lit sur la graduation la position de l'index I et une table correspondante donne l'effort exercé.

Appareils pour l'étude du magnétisme terrestre.

Parmi les appareils servant à l'étude du magnétisme terrestre, on retrouvait les magnétomètres de Gauss et Weber, ceux de Lamont, de Wild, bien connus et que nous avons d'ailleurs déjà signalés à propos de l'exposition de Munich, parmi les constructions de MM. Edelmann, Hartmann, etc.

Les plus originaux des appareils de ce genre étaient ceux de M. Mascart, exposés par M. Carpentier, répondant à l'installation d'un système complet d'observations et comprenant le déclinomètre, le bifilaire, la balance magnétique, et la règle de comparaison.

Nous en donnerons la description d'après la notice publiée par le constructeur.

Les variations de la déclinaison sont observées au *déclinomètre*. Cet appareil (fig. 30) se compose essentiellement d'une cage métallique circulaire B, de 10 centimètres de hauteur sur 8 centimètres de diamètre, portée sur un trépied à vis calantes, et entraînant dans son mouvement de rotation autour de l'axe vertical un cercle gradué C placé à sa

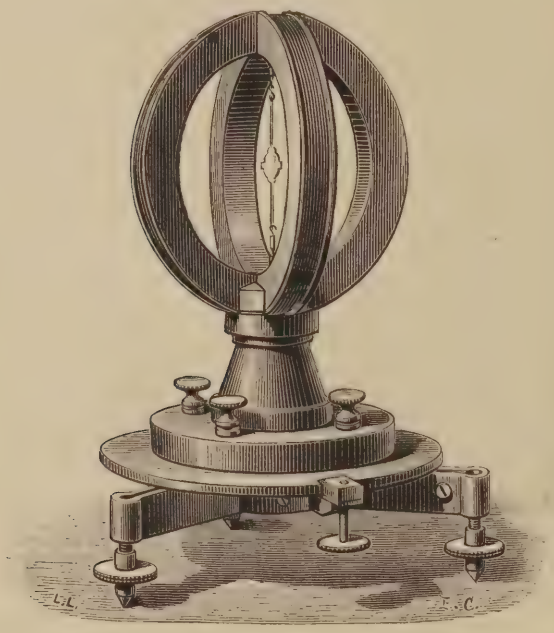


FIG. 27

base; sa face antérieure est percée d'une ouverture circulaire O, fermée par une lentille convergente de 1 mètre environ de distance locale. Une colonne métallique V, de 17 centimètres de hauteur, fixée par sa base à un second cercle C gradué seulement de 10 en 10°, se termine à sa partie supérieure par un treuil T auquel est attaché le fil de suspension du barreau; ce fil est un simple brin de cocon de 25 à 30 centimètres de longueur. Le barreau A, de section carrée, a une longueur de 5 centimètres seulement; l'étrier qui le supporte est muni d'un miroir vertical M qui suit tous les déplacements du barreau. Un second miroir vertical M′ est encastré dans une monture fixe qui fait corps avec la cage; il peut être réglé, soit horizontalement, soit verticalement, au moyen de deux vis E et E. Le détail de cette monture est représenté à part (fig. 31).

Il y a deux formes d'étriers; dans l'un (fig. 32), le miroir est parallèle au barreau; dans l'autre (fig. 33), il lui est perpendiculaire. On emploie l'un ou l'autre de ces étriers, selon que le rayon visuel dans la lunette est parallèle ou perpendiculaire au barreau.

La lunette (fig. 34) est construite pour viser sur

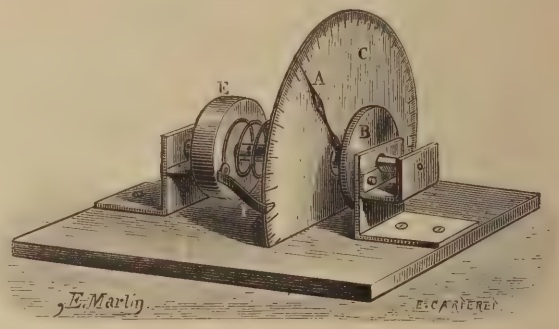


FIG. 28

l'infini; elle est munie d'un réticule, et l'oculaire est entraîné par une crémaillère pour faciliter la mise au point. Elle est montée sur un trépied à vis calantes, et des vis de serrage V permettent d'en fixer la position, verticalement et horizontalement.

L'échelle des lectures (fig. 35), dont l'image doit se projeter dans le champ de la lunette, est graduée sur une lame d'ivoire; elle est divisée en demi-millimètres; sa longueur totale est de 20 centimètres. Elle est fixée en son milieu sur une règle métallique R portée elle-même par une colonne C, placée au centre de l'appareil; cette colonne, entrant

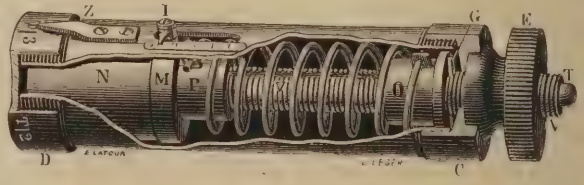


FIG. 29

à frottement doux dans un tube métallique qui fait corps avec le trépied à vis calantes, peut être élevée ou abaissée à volonté, et maintenue en position à l'aide d'une vis de serrage V. Deux autres vis V′, placées vers chaque extrémité de la règle, permettent de régler la courbure qu'il convient de donner à l'échelle pour qu'elle prenne la forme d'un arc de cercle de rayon égal à la distance qui la sépare des miroirs.

Le *bifilaire* (fig. 36) est destiné à mesurer les variations de la composante horizontale de l'action de la terre. La forme extérieure de cet appareil est à peu près la même que celle du déclinomètre. Il

est également muni d'un miroir mobile et d'un miroir fixe, dont on règle à volonté la position au

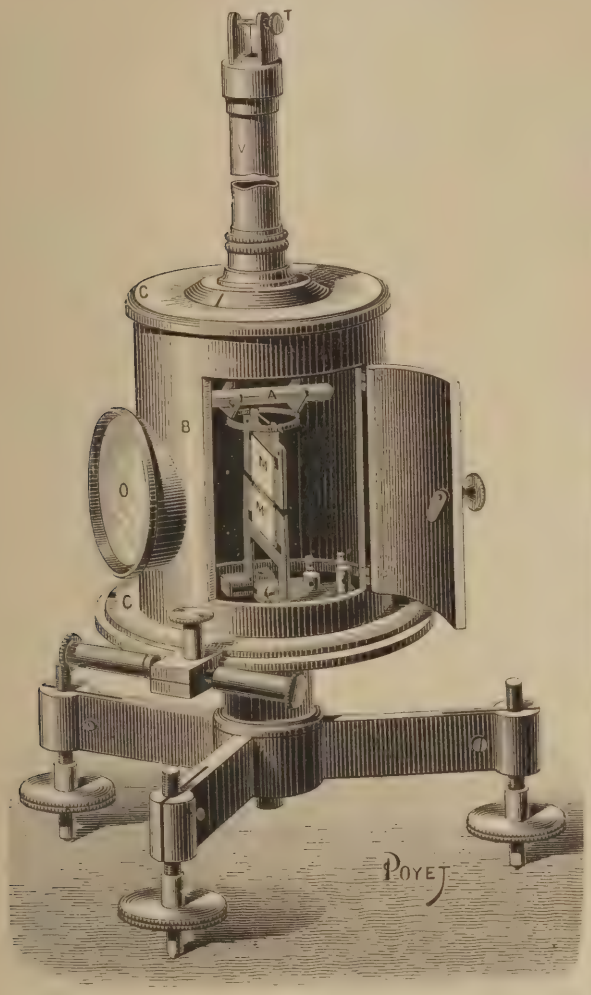


FIG. 30

moyen de deux vis E et E'. Une échelle divisée et une lunette à réticule complètent cet instrument.

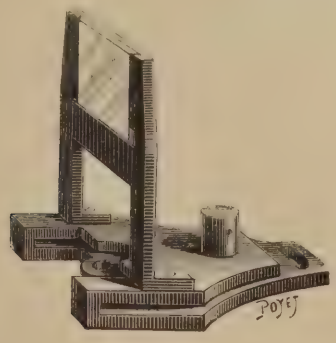


FIG. 31

La principale différence consiste dans le mode de suspension et la direction du barreau. L'étrier qui porte l'aimant est suspendu à un fil de soie double dont les deux brins sont maintenus à 5 millimètres

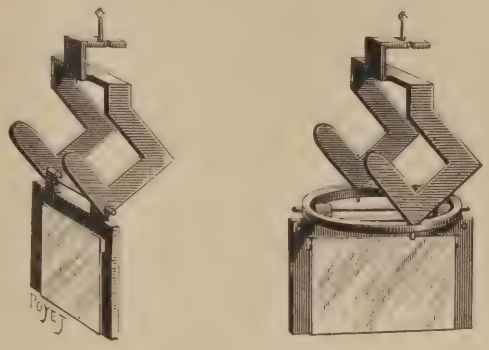


FIG. 32 ET 33

environ l'un de l'autre, au moyen de deux encoches pratiquées à l'étrier. La vis T sert à régler la hau-

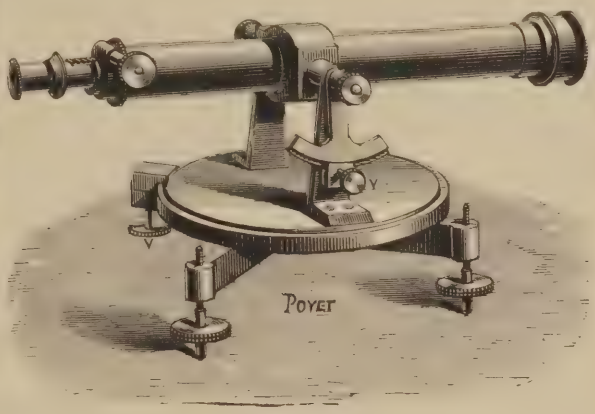


FIG. 34

teur du fil; la vis T', à pas opposés à partir de son milieu, sert à modifier à volonté l'écartement

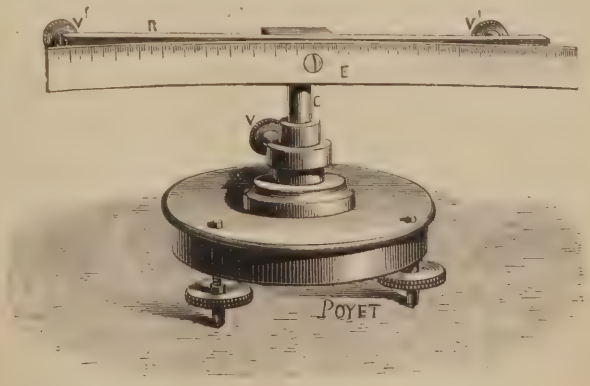


FIG. 35

des fils, de manière à régler la sensibilité de l'appareil. Enfin, à sa partie supérieure, la cage est

terminée par un second cercle gradué C′, muni, comme le cercle C, d'un vernier et d'une vis de réglage.

La *balance magnétique* (fig. 37) sert à observer les variations de la composante verticale. Cet appareil se compose d'une aiguille aimantée A, munie d'un couteau C qui repose sur un plan d'agate. L'aiguille, librement suspendue par son centre de gravité dans le méridien magnétique, prendrait la direction de l'inclinaison; mais au moyen d'un poids, constitué par un écrou mobile sur une tige T, on oblige l'aimant à se tenir dans une position horizontale.

Le réglage est obtenu à l'aide d'un index I serré faiblement par une de ses extrémités, et que l'on peut diriger à la main vers l'un ou l'autre pôle de l'aimant, de façon à achever de l'équilibrer. Un second écrou T_1 mobile sur une tige verticale, permet d'élever ou d'abaisser le centre de gravité, et par suite de régler la sensibilité de l'aiguille, qui peut être soulevée à volonté comme un fléau de balance au moyen d'une fourchette commandée par une vis V. Comme les deux appareils précédents, la balance est munie de deux miroirs disposés ici horizontalement, l'un M mobile, l'autre M^1 fixe, d'une échelle divisée et d'une lunette. La position du miroir fixe est commandée par des vis placées derrière le barreau, et qui le font basculer à volonté, dans une direction quelconque. Le barreau est renfermé dans une petite cage dont la paroi supérieure est percée, au-dessus des miroirs, d'une ouverture sur laquelle est monté un prisme rectangle-isocèle P, dont une des faces est un peu convexe, en sorte qu'il équivaut en même temps à une lentille convergente de 1 mètre environ de longueur focale. Une seconde ouverture O est destinée à recevoir un thermomètre. Pour que les faces du prisme soient à l'abri de la poussière et

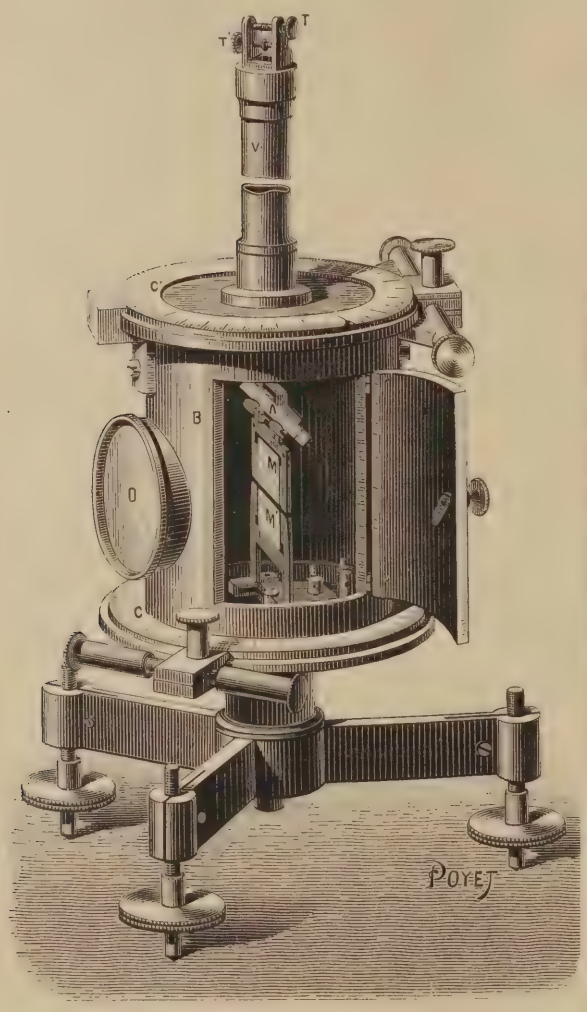


FIG. 36

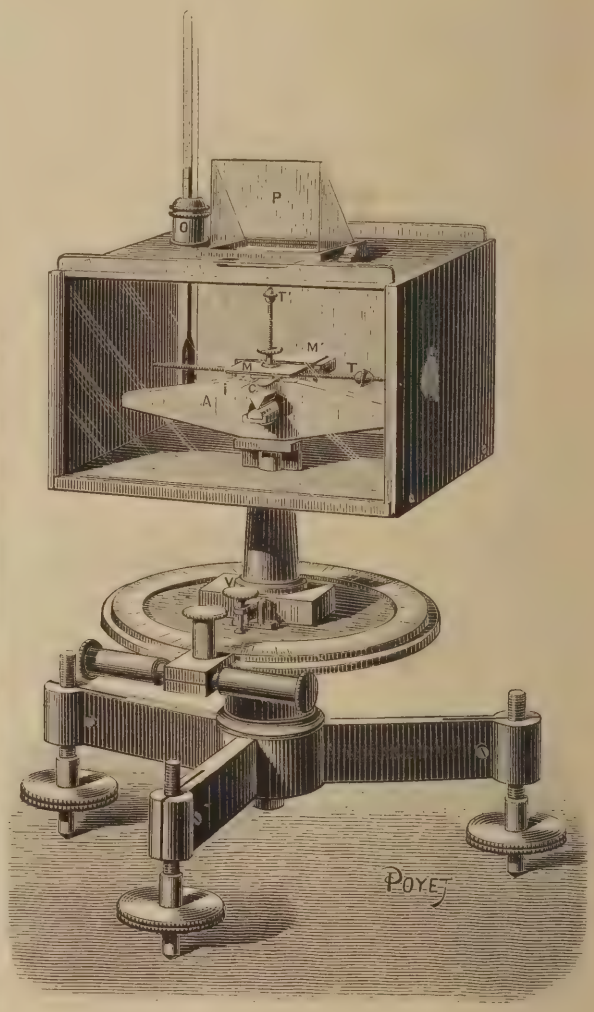


FIG. 37

de l'humidité, on recouvre en outre tout l'appareil d'une cage en verre, sans fond, dont la face antérieure est percée, en avant du prisme, d'une ouverture circulaire de 5 à 6 centimètres de diamètre, afin de permettre la lecture de l'échelle.

Si les variations de la température sont comprises dans les limites que nous avons indiquées, on pourra se borner à lire, à chaque observation, un thermomètre librement suspendu dans la pièce à quelque distance du mur.

La règle de comparaison (fig. 38) est destinée à graduer le bifilaire et la balance, c'est-à-dire à mesurer à quelle fraction des deux composantes correspond une division de chaque échelle. Cette règle D, divisée en millimètres est montée sur un pied en cuivre; un chariot R, mobile sur la règle, porte un cercle vertical C perpendiculaire à la direction de la règle et disposé pour recevoir un aimant déviant. Le cercle est mobile autour de son axe dans un plan vertical. L'une des extrémités de la règle se termine par un butoir B, qui peut s'élever ou s'abaisser à volonté et se fixer au moyen d'une vis V.

Nous ne voulons pas nous étendre sur l'installation et le maniement de ces différents appareils, leur description suffira à faire comprendre toutes les commodités de réglage et de manipulation qu'ils présentent.

Nous signalerons seulement comme très avantageux l'emploi des deux miroirs, l'un fixe et

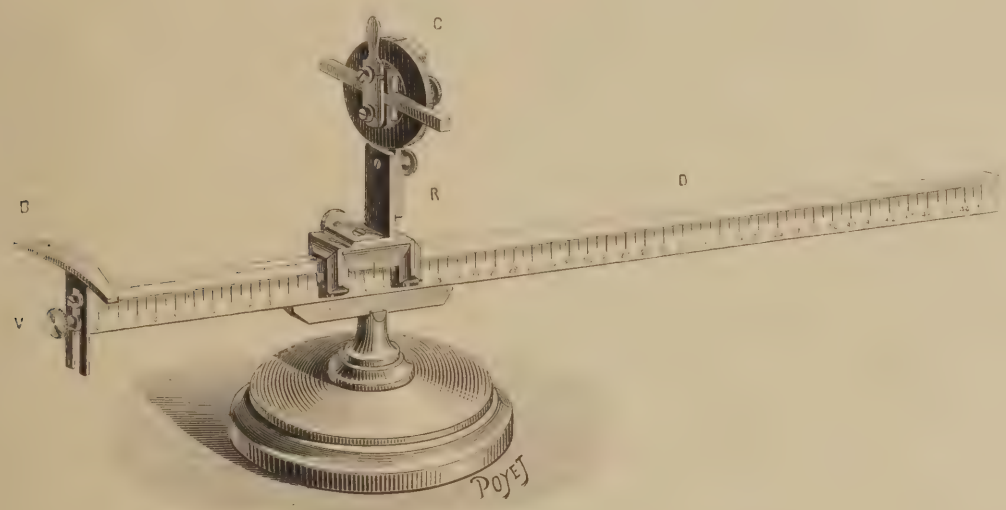


FIG. 38

l'autre mobile. Grâce à cette disposition on voit toujours dans la lunette deux images superposées

FIG. 21

de la règle dont l'une, fixe, forme un point de repère complètement indépendant de la lunette.

Les appareils de M. Mascart son remarquables par leur grande simplicité, en outre, leurs aimants étant de très petites dimensions, peuvent être placés à des distancee assez faibles les uns des autres sans crainte qu'il s'influencent mutuellement. Il en résulte que l'observatoire constitué par les trois appareils peut être disposé dans une seule et même pièce qui doit être autant que possible un espace à température sensiblement constante, comme une cave, par exemple.

Les appareils que nous avons décrits sout tous observés à l'aide de la lunette viseur, mais M. Mascart leur a appliqué également l'enregistrement optique qu'il avait employé avec succès pour son électromètre. Des appareils destinés à ce mode d'enregistrement ont été construits par M. Duboscq et M. Carpentier. Nous réservons leur description pour un article spécial.

AUG. GUEROUT.

CHRONIQUE DE L'ÉTRANGER

Correspondances spéciales

Angleterre

BALANCE MAGNÉTIQUE DE HUGHES. — Les recherches sur la nature du magnétisme que M. Hughes poursuit depuis longtemps à l'aide de sa balance d'induction, l'ont conduit, comme on sait, à imaginer un appareil complémentaire qu'il a nommé la balance magnétique. La complaisance de l'inventeur me permet de décrire ce nouvel instrument en détail. La fig. 2 est une esquisse théorique de la balance avec les positions des aimants et les connexions électriques; la fig. 1 est un plan de l'instrument, tel qu'il est construit actuellement, par M. Grove, ingénieur, Baltover-Street, Londres.

L'appareil consiste, fig. 1 et 2, en une aiguille magnétique A, placée sur un pivot, pouvant se mouvoir horizontalement autour de son axe et formant l'indicateur de la balance. A gauche de cette aiguille est une bobine creuse F placée perpendiculairement à celle-ci, comme cela est indiqué; à la droite est une seconde bobine creuse avec son axe également perpendiculaire à celui de l'aiguille. Ces deux bobines sont réunies en circuit avec une batterie voltaïque P, par une clef à renversement ou un interrupteur I, et un rhéostat R. La fonction de la bobine creuse F est de magnétiser par induction toute pièce de fer ou d'acier qu'on y introduit; l'action troublante exercée par cette bobine sur l'aiguille placée à proximité est contrebalancée par celle de la bobine G placée de l'autre côté, en plaçant celle-ci plus ou moins près de l'aiguille. La force du courant circulant dans les

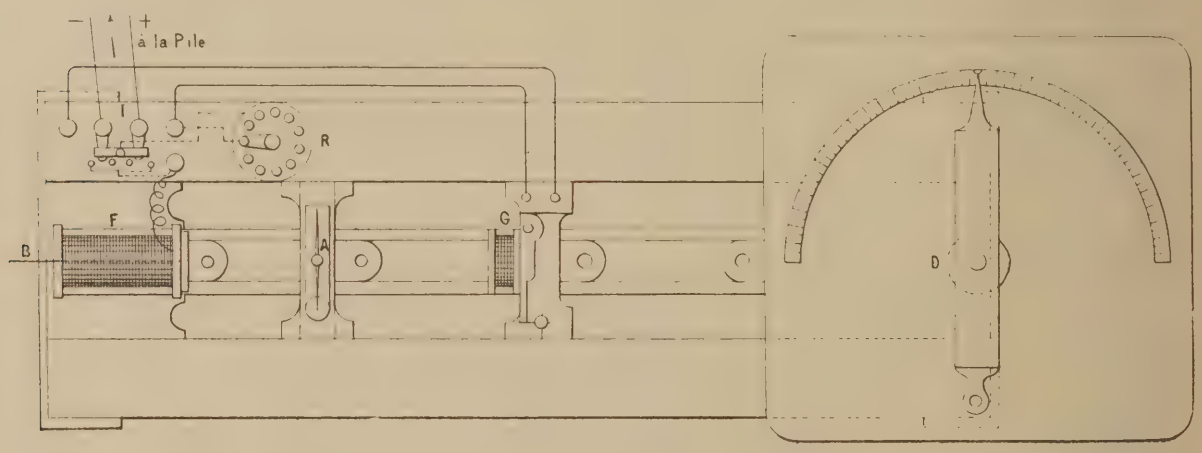


FIG. 1

bobines et produisant le magnétisme dans la pièce de fer ou d'acier en expérience est réglée par le rhéostat R. L'inverseur I sert à changer la direction du courant passant dans les bobines, et par conséquent la polarité du magnétisme dans le fer.

Quand la bobine G a été déplacée, jusqu'à ce que l'aiguille A soit au zéro, l'instrument est prêt pour l'usage; la pièce de fer peut alors être introduite dans la bobine F, et magnétisée par induction. Alors l'aiguille A s'écarte du zéro, avec une force proportionnelle à l'intensité du magnétisme. Pour ramener l'aiguille au zéro et rétablir la *balance*, le professeur Hughes emploie une barre d'aimant permanent D, placée sur pivot du côté de l'aiguille, opposé à la bobine F. En tournant cet aimant d'un petit arc, l'aiguille A est ramenée à sa position origine.

Dans l'instrument actuel, ainsi qu'on le voit dans la figure, l'aiguille indicatrice a cinq centimètres de ong et est suspendue par un fil de soie de cocon, en sorte que sa pointe se trouve entre deux arrêts d'ivoire qui limitent son déplacement à cinq millimètres de chaque côté du zéro. Quand le pôle nord de l'aiguille et le zéro sont dans la ligne du méridien magnétique et dirigés vers le nord, l'aiguille reste fixe sur le zéro; mais la moindre influence extérieure, telle qu'une pièce de fer de un millimètre de diamètre placée dans la bobine F, à dix centimètres de l'aiguille, la dévie; on la ramène alors en tournant le compensateur. L'échelle de ce dernier est divisée, en partant du zéro, en 360 degrés de chaque côté et sa distance à l'aiguille est de 30 centimètres. Cette barre elle-même est longue de six centimètres, large de trois et épaisse de un centimètre. Le rhéostat R consiste en dix bobines chacune de 10 ohms, il règle la puissance du courant suivant que c'est de l'acier ou du fer doux qui est mis à l'épreuve dans la balance. Un élément Daniell, deux au plus suffisent, mais il faut que la force électromotrice de la batterie soit constante. Le trou qui traverse la bobine *t* peut être petit de façon à laisser passer seulement un fil, ou

il peut être large de façon à recevoir une petite barre de fer : de cette façon, la balance se prête à l'usage pratique, car la douceur d'un fil peut être essayée en le faisant passer dans l'orifice, une barre ou une aiguille peuvent de la même façon être examinées au point de vue de leur capacité magnétique en les plaçant dans la bobine.

La bobine d'induction du professeur Hughes est maintenant régulièrement mise en usage à la Monnaie anglaise pour essayer l'or et l'argent employés pour la fabrication des pièces; et elle permet de découvrir dans le métal des différences de qualité que l'analyse chimique ne pourrait dénoncer.

Le professeur Chandler Roberts, chimiste de la

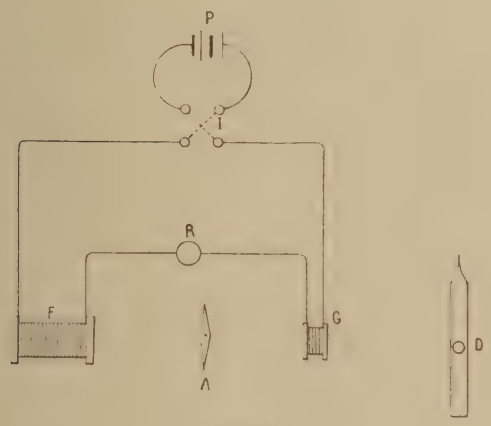


FIG. 2

Monnaie, est aussi d'avis que le nouvel instrument sera utile en mettant les frappeurs à même d'éprouver la dureté de leurs blocs d'acier.

LA FORCE ÉLECTROMOTRICE DES PILES. — Le Dr C. R. Alder Wright F. R. S. et M. C. Thompson étudient depuis plusieurs années les causes qui produisent des variations de force électromotrice dans les éléments voltaïques. Il a étudié l'élément-étalon au mercure de M. Latimer Clark, et trouvé qu'il était fort essentiel que cet élément ne fût pas manié rudement ou secoué après avoir été monté, parce que la secousse peut altérer la force électromotrice étalon, qui est de 1,45 volts. Il s'ensuit que les expérimentateurs qui veulent avoir un étalon de ce genre doivent le monter eux-mêmes et non s'en fier à un fabricant, ou l'apporter de loin, à moins de prendre le plus grand soin. Il sera utile de fabriquer à la fois un certain nombre de ces éléments et de choisir parmi eux ceux qui donnent la valeur exacte. Tous les matériaux doivent être purs, et l'air doit être complètement exclu en scellant l'ouverture de l'élément avec de la paraffine.

Les recherches les plus récentes du Dr Wright ont été faites sur les éléments Daniell et Grove, toutes les matières étant chimiquement pures, et son objet étant de découvrir l'action de solutions plus ou moins concentrées sur la force électromotrice. Ces expériences paraissent établir ce fait que : *un accroissement dans la force de la solution avoisinant la plaque qui acquiert le plus haut potentiel augmente la force électromotrice, tandis que l'effet inverse se produit en augmentant la force de la solution qui entoure l'autre plaque.* C'est une conclusion générale s'appliquant à tous les éléments à deux liquides, cependant il y a des exceptions à la dernière condition. L'augmentation et la diminution de la force électromotrice ainsi produites sont considérables. Dans l'élément Daniell elles vont jusqu'à 5 % de la force électromotrice totale ; avec le chlorure de zinc et de cadmium, la différence est de plus de 0,3 volt. Le Dr Wright trouve aussi qu'il existe une loi de sommation qui peut être exprimée ainsi : « *L'effet résultant d'une série de changements dans la force des solutions dans un élément à deux liquides est égal à la somme algébrique des effets de chaque changement isolé.* » Ainsi, dans un élément zinc, cuivre, sulfate, dont la force électromotrice serait e, en accroissant la force du sulfate de cuivre d'une quantité donnée, on a un accroissement dans la force égal à a; en accroissant la force du sulfate de zinc d'une quantité donnée, on a une diminution $= b$. Alors la force électromotrice d'un élément qui renferme ces deux solutions est $b = e + a - b$. De même, si la force de la solution de cuivre a été d'abord augmentée d'une quantité donnée produisant un accroissement de force électromotrice $= a$, et ensuite a été augmentée de nouveau de façon à donner un nouvel accroissement de force électromotrice c, l'excès de la force électromotrice d'un élément contenant la solution la plus forte sur un élément contenant la plus faible des trois est $d = a + c$.

Les valeurs de a, b, c, d *sont indépendantes non seulement de la force actuelle de la solution dans la partie invariable de l'élément, mais aussi de leur matière, ainsi que de la matière du métal qui y est contenu;* ainsi les mêmes valeurs pour a sont obtenues pour des variations déterminées de la solution de sulfate de cuivre, dans l'élément zinc, cuivre, sulfate, et dans l'élément cadmium, cuivre, sulfate, indépendamment de la force des solutions de sulfate de zinc ou de sulfate de cadmium.

En échange, *les valeurs de* a, b, c, d *varient avec l'état de la surface du métal plongé dans la solution.* Par exemple, avec les métaux cuivre, zinc et cadmium, les surfaces très polies donnent de moindres valeurs que les surfaces fraîchement déposées par l'électricité; celles-ci à leur tour donnent des valeurs plus basses que les surfaces

amalgamées avec du mercure *liquide* (l'amalgame cristallin du cadmium donne des valeurs plus basses même que le cadmium poli).

Une observation utile du Dr Wright, c'est que, lorsque dans un élément zinc, cuivre, sulfate, on emploie du zinc amalgamé et du cuivre électriquement déposé, *a* est à peu près égal à *b* pour toutes les forces de solution ; il s'ensuit que cette forme d'élément est la meilleure pour un Daniell étalon, puisqu'elle a une force électromotrice pratiquement constante pour toutes les forces de solution, tant que ces solutions sont également fortes.

En opposant les valeurs de *a*, *b*, *c*, *d* et les forces électromotrices correspondantes aux quantités de chaleur développées par la combinaison des équivalents, et les deux forces des solutions variables comparées ensemble, *les premiers ont été pratiquement trouvés supérieurs aux derniers*. Le Dr Wright en conclut que les « *éléments de diffusion* » agissent de même partiellement comme des piles thermo-électriques, transformant en énergie électrique une certaine proportion de la chaleur sensible.

LES AVERTISSEURS ÉLECTRIQUES D'INCENDIE. — A la dernière réunion de la Société des ingénieurs télégraphistes et électriciens, M. Edmond Bright a exposé son système d'avertisseurs électriques d'incendie qui est actuellement en essai dans divers districts séparés, distribués sur la surface de Londres. Il y a 21 stations de surveillance reliées avec 140 postes d'appel dans les rues, le tout entraînant l'usage de 82 milles de fil. Le système en question a été complètement décrit dans *La Lumière Electrique :* il a cet important avantage qu'il n'emploie pas de mouvements d'horlogerie, le signal étant produit par l'insertion d'une résistance donnée dans la ligne au point où l'appel est fait. Au moyen d'une balance différentielle, la position du poste appelant est instantanément déterminée par le gardien de la station, et le secours est expédié. Les signaux de ce genre font leur chemin lentement dans l'attention publique ; il y a toute raison de croire que lorsque le public connaîtra bien leur valeur, leur usage deviendra très général.

AMMÈTRES ET VOLTMÈTRES. — Les très commodes petits instruments de MM. Ayrton et Perry pour mesurer l'intensité des courants électriques à lumière viennent de recevoir un perfectionnement pratique par l'abandon de l'usage d'un coefficient constant multipliant les déviations pour fournir la valeur réelle de la force électromotrice et de l'intensité. Actuellement, la lecture de l'échelle donne le nombre de volts ou d'ampères sans calcul. Cela a été obtenu par l'adjonction d'une pièce polaire réglable en fer doux entre les pôles de l'électro-aimant. On modifie ainsi le champ magnétique de façon que les déviations sont toujours proportionnelles à la valeur du courant à mesurer.

SYMBOLE POUR LES « DYNAMO ». — Un symbole conventionnel pour représenter les « dynamo » serait utile, et l'auteur a proposé l'usage du signe ○̄ ou ̄○̄ qui peut être considéré comme représentant vaguement l'anneau avec les balais d'une dynamo. Pour distinguer entre le pôle positif et le négatif une des barres qui serait plus forte que l'autre, par assimilation avec le symbole bien connu de la pile ı|. Alors ○̄ représenterait une machine à courant continu, ○̄ une machine alternative.

Ce symbole a l'avantage d'être facile à dessiner et à imprimer. La lettre D peut être aussi proposée comme une abréviation algébrique pour dynamo : l'adoption universelle d'un système de ce genre éviterait beaucoup de confusions dans l'avenir.

J. MUNRO.

REVUE DES TRAVAUX
RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

De l'installation d'un poste télégraphique à bord des feux flottants, par M. W. Christiani.

Il est d'une importance considérable de relier les feux flottants à la terre ferme de façon à permettre un échange de communications suivi. L'intérêt qui s'attache à la question n'échappe à personne ; malheureusement les difficultés, qui ne frappent pas au premier abord, se présentent presque insurmontables dès qu'on quitte le domaine de la théorie pour entrer dans celui de la pratique. C'est ce que M. W. Christiani, inspecteur des télégraphes de l'Empire, a fort bien fait voir au cours d'un article publié dans le numéro de janvier 1884 de l'*Elektrotechnische Zeitschrift* et auquel est emprunté cet extrait.

Passant en revue les différents systèmes mis en usage pour réaliser le but que l'on se propose l'auteur rappelle qu'il existe depuis 1877 un service de pigeons dans le port de Tœnning à l'embouchure de l'Eider. Le port de Tœnning a deux feux flottants mouillés le premier à 17 milles et le second à 36 milles au large. Le feu le plus voisin de la côte communique avec un poste de pilotes d'une façon plus ou moins régulière ; par beau temps les pigeons, dont le vol est excessivement rapide, comme on sait, mettent 8 minutes à franchir les 17 milles : voilà la limite inférieure ; quant à la limite supérieure elle est indéterminée puisqu'il arrive souvent que les pigeons ne peuvent faire

tête à l'orage ou s'égarent par suite de la neige et du brouillard. En ce qui concerne le deuxième feu on n'a jamais pu arriver à organiser un service de dépêches, quelque sérieux que soient les progrès réalisés au cours de ces dernières années dans la science de l'entraînement des pigeons. D'ailleurs en admettant même une très grande régularité dans la transmission des dépêches, il ne faut pas oublier que le service se trouve interrompu la nuit et ne se fait par conséquent jamais que douze heures sur vingt-quatre. Voilà pour les pigeons : reste le système des fusées et des coups de canon, très bon lorsque le temps est clair et que le vent souffle du large, déplorable par un temps couvert avec vent de terre.

On peut en somme à l'un et à l'autre de ces systèmes faire le même reproche : les communications sont d'autant moins régulières et moins sûres que le besoin s'en fait sentir davantage. En effet lorsque le temps est beau les dépêches présentent de l'intérêt au point de vue de l'économie de temps : c'est un remorqueur qu'on demande, un armateur qu'on informe pour qu'il puisse tout préparer pour le chargement ou le déchargement du fret, etc. ; que la dépêche n'arrive pas dans les délais normaux il y a perte de temps c'est-à-dire perte d'argent. Dans les périodes de tourmentes au contraire les intérêts mis en jeu sont d'un ordre tout différent : c'est un secours immédiat que l'on réclame pour des bâtiments en détresse et chaque minute de retard peut coûter plusieurs existences. C'est donc l'appel le moins important et de beaucoup qui a le plus de chances d'être entendu. A la suite de nombreux sinistres maritimes qui se sont produits sur les côtes de la Grande-Bretagne et dans le voisinage même des feux flottants, sinistres qu'on aurait pu conjurer dans une certaine mesure si les signaux de détresse eussent été entendus à terre, les esprits se sont justement émus de cet état de choses. On a cherché à faire mieux et l'on s'est demandé s'il n'y aurait pas moyen de relier les feux flottants à la côte, à l'aide d'un câble télégraphique, ce qui aurait pour résultat d'assurer une communication rapide et indépendante des perturbations atmosphériques.

Le problème ainsi posé paraît très simple et l'on s'étonne tout d'abord que l'on ait mis tant de temps à s'apercevoir de l'utilité d'une telle installation. Il suffit de pénétrer plus avant dans la question pour voir de grosses difficultés surgir. On se rend aisément compte de ces difficultés en se reportant à la figure 1 qui représente le mouillage généralement adopté pour les feux flottants. Le bâtiment s'amarre au moyen d'une chaîne de bord à une bouée affourchée sur deux ancres de fond. Les deux chaînes K_1 et K_2 ont pour but de limiter la course du bâtiment par suite des courants et des mouvements de la marée et d'assurer en même temps une stabilité plus grande au mouillage. Lorsque la mer monte ou qu'elle descend, le bâtiment décrit deux arcs de cercle dont les centres se projettent aux points d'attache des chaînes K_2 et K_1. La trajectoire se trouve donc être une sorte d'ellipse irrégulière dont le demi-grand axe serait la hauteur abaissée du sommet compris entre K_1 et K_2 dans le triangle formé par ces deux chaînes et la droite qui joint les corps morts. Tout en se déplaçant sur cette courbe le bâtiment évite, c'est-à-dire qu'il tourne autour de son point d'attache de façon à toujours présenter l'avant à la lame.

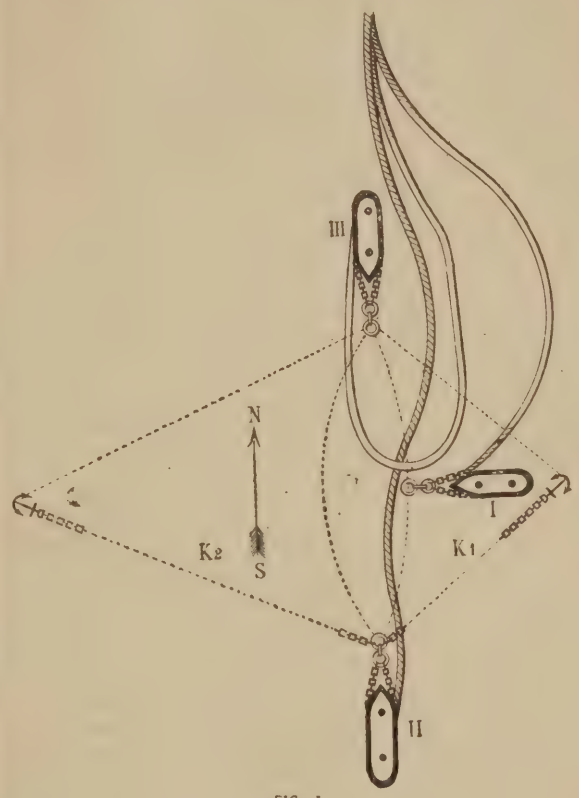


FIG. 1

C'est là le mouvement théorique, mais on conçoit qu'il puisse se modifier dans une assez forte mesure par suite de la direction des vents et des courants. Si dans ces conditions on vient à faire passer par l'ouverture d'un des écubiers un câble sous-marin, il est évident que les déplacements du bateau auront pour résultat de tordre le câble sur lui-même et de l'enrouler autour des chaînes d'amarrage. Ce sont justement ces torsions et ces enroulements du câble et des chaînes qui sont extrêmement difficiles à éviter et d'un autre côté les efforts du frottement ne tardent pas à détériorer l'enveloppe isolante et la communication se trouve interrompue.

Le premier remède proposé a été une manœuvre de bord qui consiste à changer le câble d'écu-

bier toutes les fois que le bâtiment a évité de 180°. Supposons, par exemple, que le bâtiment soit en I avec son câble dans l'écubier de tribord et qu'il se déplace vers II; arrivé en II il évite de façon à tourner l'avant vers le nord et l'arrière vers le sud : au moment où l'on constate à bord que le bâtiment se trouve dans la ligne nord-sud on sort le câble de l'écubier de tribord et on l'amène dans celui de bâbord, en le faisant passer devant le gaillard d'avant. Le mouvement se continuant, on répète la même manœuvre lorsque le bâtiment est en III dans la ligne nord sud, avec la différence que cette fois on fait faire au câble le tour du gaillard d'arrière. Cette manœuvre se fait soit à l'aide d'un bout d'amarre que le matelot chargé du transbordement attache au câble et qu'il promène le long du bastingage d'un écubier à l'autre, soit en-

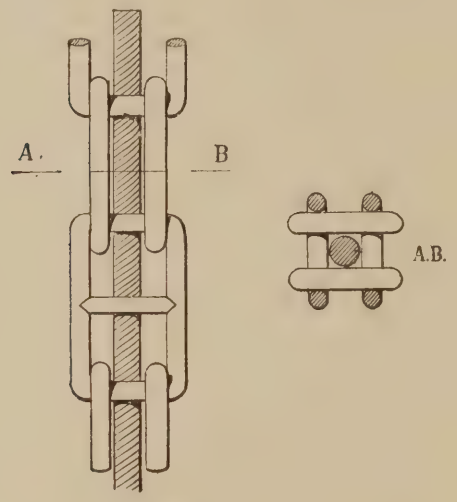


FIG. 2 ET 3

core à l'aide du câble même dont on garde un long bout à bord. Au dire des marins, la manœuvre que nous indiquons ici, très simple en théorie, s'exécute très difficilement dans de bonnes conditions, pour peu que la mer soit un peu forte. Dans tous les cas, on doit s'attendre à voir rapidement se détériorer un câble soumis à des manipulations aussi fréquentes.

Dans un mémoire de la *Telegraph Construction and Maintenance Company*, à Londres, se trouve le compte rendu d'une expérience tentée en 1870, dans le but d'installer un poste télégraphique flottant à l'entrée du canal. On avait armé pour la circonstance une ancienne corvette qui fut mouillée à 60 milles de la terre ferme. Malgré toutes les précautions prises, le câble ne tarda pas à former de nombreux lacets et à se mêler aux chaînes d'ancrage. En outre, les efforts de torsion eurent pour effet de détruire rapidement l'enveloppe de gutta-percha. On eut recours à de nombreux expédients pour obvier à cet état de choses et finalement, comme le bâtiment ne rendait aucun des services qu'on attendait de lui, on le remit à quai.

La même Société a exposé au Palais de Cristal de Londres, tout un système mécanique imaginé à l'effet de prévenir les effets de torsion et d'enroulement. Cette disposition, que nous allons décrire rapidement, a été brevetée par la maison Lucas. Une des chaînes qui servent à amarrer la

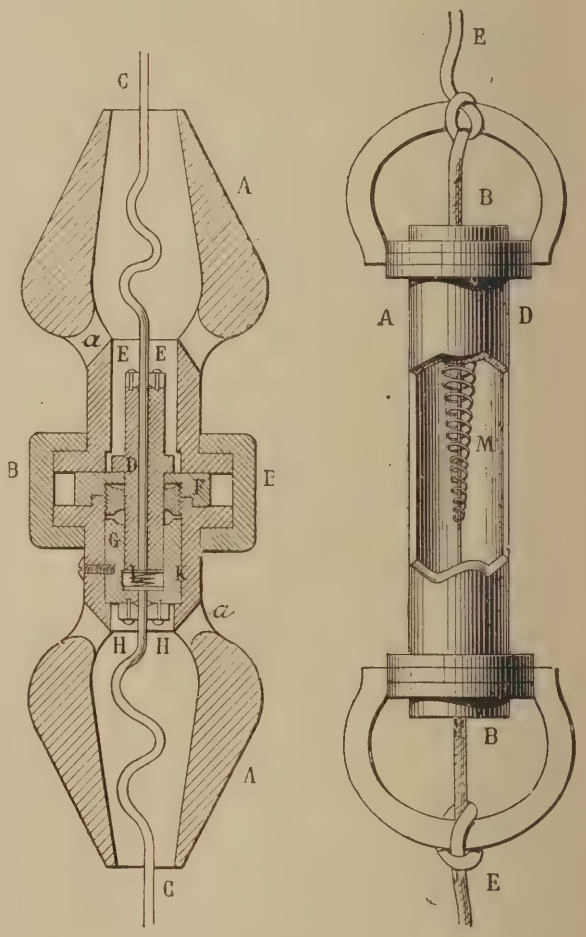


FIG. 4 ET 5

bouée est construite de façon à laisser passer le câble entre ses maillons : elle fait ainsi office de gaine et protège le câble contre toute espèce de choc extérieur qui tendrait à le détériorer. Cette chaîne est représentée en élévation et en coupe dans les figures 2 et 3. Elle se compose, comme on voit, de maillons doubles, munis chacun d'une traverse et rivés les uns aux autres aux endroits où a lieu la portée. A l'une de ses extrémités, la chaîne s'attache à l'anneau inférieur de la bouée dont l'axe est formé dans ce cas par un boulon creux; le câble traverse ce dernier boulon et pénè-

tre dans le bâtiment par un écubier ménagé à l'avant. L'autre extrémité peut être fixée d'une façon analogue en employant une ancre à tige creuse; on peut également faire usage d'un corps mort quelconque en ayant soin de l'attacher à quelques mètres du bout même de la chaîne.

La figure 4 est une coupe longitudinale du mécanisme destiné à éviter les effets nuisibles de la torsion du câble sur lui-même. L'appareil est formé de deux manchons A percés chacun de six ouvertures *a* et reliés au moyen d'un collier B. Ces pièces, qui sont soumises à des efforts multiples, doivent être en acier ou en fer forgé. Le collier B est composé de deux parties qui s'assemblent à l'aide de boulons. On introduit par l'ouverture supérieure du manchon l'âme C du câble munie de son enveloppe de gutta-percha et l'on fait passer par les trous *a* les fils de fer de la garniture extérieure; ces fils sont repliés le long de la paroi A, et couchés sur la portion de câble en dehors du manchon, puis on entoure le bout de fil de fer et de chanvre de façon à obtenir un assemblage étanche et résistant. La partie supérieure du câble traverse un cylindre en ébonite D, dont les mouvements sont rendus solidaires de ceux du manchon A par l'intermède d'une saillie rectangulaire D; la partie inférieure de ce même câble est guidée à travers un deuxième cylindre également en ébonite G et relié au manchon du bas à l'aide d'une forte vis de pression que l'on aperçoit à gauche de la figure. Les cylindres D et G sont terminés par des joints étanches E et H.

Pour assurer une communication constante à l'endroit où se fait la coupure du câble on termine les deux bouts par des disques de cuivre : dans l'espace laissé libre se trouve un ressort à boudin L. Enfin un chapeau F empêche les manchons A de se rapprocher l'un de l'autre.

Il n'y a rien à reprocher à cette deuxième partie du système qui est très ingénieuse et doit fonctionner d'une façon satisfaisante. Malheureusement, on ne saurait en dire autant de la chaîne qui a pour but d'éviter les enroulements si fâcheux du câble et des chaînes d'ancrage ordinaires. Nous avons remarqué plus haut que les maillons étaient rivés les uns aux autres, et cette mesure est indispensable sans quoi les divers maillons pénétreraient les uns dans les autres et le câble se trouverait rapidement coincé et détérioré. Or, si l'on rive les maillons les uns aux autres, ce n'est plus une chaîne que l'on a, mais bien une tige métallique rigide qui ne se prête à aucun des usages qu'on est en droit d'attendre d'une chaîne. Autant vaudrait prendre un cylindre creux, à peu de chose près, ce serait la même chose. On est d'ailleurs effrayé en pensant aux efforts considérables qui s'exerceraient sur les rivets placés dans des conditions aussi spéciales.

En somme, il y a dans cette partie de l'invention une idée très ingénieuse, à coup sûr, mais peu pratique.

Prévenir l'enroulement est d'ailleurs le point délicat de la question. Les efforts de torsion s'éliminent assez facilement. Thomas Moore, à Londres, a breveté une disposition plus simple que la précédente et dont l'objectif est le même. Le système représenté figure 5 consiste essentiellement dans un cylindre creux A muni à ses deux extrémités d'étriers mobiles. Ces étriers tournent sur des portées D, et sont maintenus en place par des chapeaux B vissés dans le cylindre A. Les deux bouts de câble s'attachent aux étriers en E et sont introduits dans le cylindre à travers un joint étanche ménagé dans les chapeaux B. A l'intérieur du cylindre les fils sont complètement dénudés et le fil supérieur est tourné en spirale autour du fil inférieur.

On voit que, grâce à cette disposition, les fils peuvent se déplacer, l'un par rapport à l'autre sans que jamais la communication soit interrompue.

Pendant le siège d'Alexandrie, l'*Eastern Telegraph Company*, mit à la disposition de la flotte anglaise une station télégraphique flottante. D'après les documents officiels, cette installation rendit de grands services et fonctionna très bien. On espérait que cette expérience serait un pas de fait en avant; malheureusement il n'en fut rien. Les rapports de la Compagnie constatent, en effet, que le bâtiment s'est toujours trouvé dans des conditions spéciales telles qu'il n'a pas eu à lutter contre l'enroulement du câble et de la chaîne de mouillage. Tant que ce bâtiment a été mouillé au large le vent a constamment soufflé dans la même direction, de sorte que l'évitage ne se produisant pas, les collisions qui en résultent entre le câble et la chaîne n'ont pas eu de raisons de se produire; dans le port ces raisons n'existaient pas non plus, le bâtiment se trouvant amarré à deux ancres, l'une à l'avant et l'autre à l'arrière. Il n'y a donc rien dans l'expérience dont nous parlons qui soit de nature à éclairer le point noir de la question.

En terminant cette revue pleine d'intérêt, M. W. Christiani nous apprend, qu'en Allemagne, les efforts des hommes techniques se sont également dirigés de ce côté et que plusieurs systèmes ont été proposés.

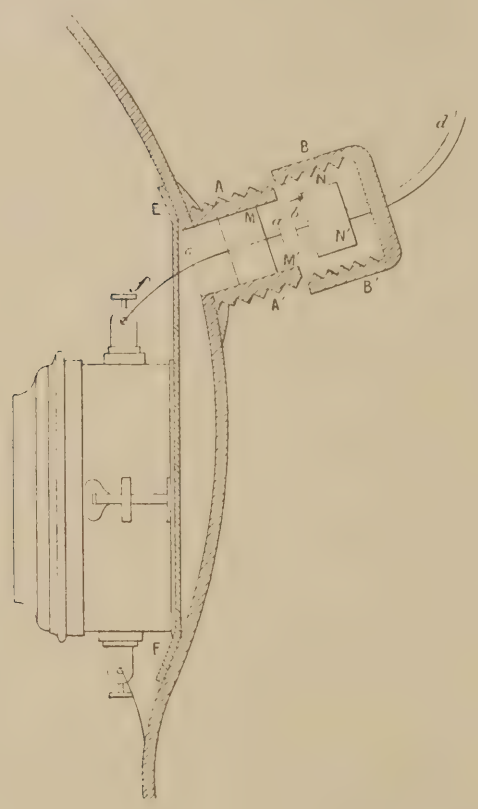
Dans la crainte de porter atteinte aux droits des inventeurs, l'auteur est très discret sur ce point : nous ne voulons pas l'être moins que lui. Il nous semble pourtant qu'aucune des dispositions esquissées dans cette partie de l'étude de M. W. Christiani ne répond entièrement à la question et que la solution vraiment pratique est encore à trouver.

Application du téléphone au scaphandre.

Nous avons déjà signalé l'application des téléphones aux scaphandres. La figure ci-jointe montre comment l'appareil a été adapté, par M. Des Portes, capitaine de frégate, au casque Rouquayrel.

Le téléphone qui sert à la fois de transmetteur et de récepteur est en forme de boîte ronde avec aimant en limaçon. Il est porté par une plaque EF fixée à l'intérieur du casque sur le côté gauche. L'une des bornes est reliée au casque lui-même qui fait plaque de terre.

Le fil partant de l'autre borne traverse la plaque



EF, passe au milieu d'un bouchon de coutchouc M et se termine par un disque *a*. Le fil de ligne est formé par un conducteur à sept fils *d*, il traverse un bouchon BB', pouvant se visser sur AA', et, après avoir passé par un bouchon de caoutchouc N' se termine par un petit disque *b*. Quand on visse le bouchon, les deux disques *a* et *b* sont pressés l'un contre l'autre et la communication est parfaitement établie.

Quand le plongeur a revêtu son appareil, le téléphone se trouve à portée de son oreille, il peut aisément l'en approcher et entendre ce qu'on lui dit. Pour répondre, il n'a qu'à parler dans sa position naturelle ; bien que le téléphone ne soit pas en face de la bouche, il transmet néanmoins nettement la parole.

Pour les avertissements, l'homme du poste extérieur a un téléphone continuellement à l'oreille et est toujours prêt à recevoir les communications du plongeur. Celui-ci, au contraire, n'aura généralement pas l'oreille collée au téléphone; pour le prévenir, on peut se servir de la corde ordinaire de communication, ou bien souffler dans un petit cornet à bouquin placé très près de la plaque du transmetteur. Celui du casque produira alors un son assez fort pour appeler l'attention du plongeur.

FAITS DIVERS

Toutes les demandes d'emplacements à l'Exposition électrique de Philadelphie doivent être faites avant le 30 août prochain. Autant que les objets le permettront, les exposants sont tenus de les placer dans des vitrines, et le comité se réserve de refuser tout article dangereux. La force motrice pour les machines sera fournie à un prix fixé d'avance. L'Institut n'offre ni prix ni récompenses, mais le jury d'examen préparera un rapport détaillé qui sera publié par l'Institut.

Le travail pour la construction du palais de l'Exposition Internationale de Philadelphie commencera le 1er mars prochain. Les plans sont déjà adoptés et un emplacement choisi au coin de la 32e rue et de Lacaster-Avenue. La construction aura environ 70 000 pieds carrés et coûtera 200 000 francs.

Un projet de loi a été porté devant le Sénat des États-Unis tendant à réduire la durée des brevets américains de 17 à 5 ans.

Le Sénat de l'État de New-York a été saisi d'un projet de loi pour le placement sous terre des fils et câbles électriques avant le mois de novembre 1885, dans toutes les villes d'une population de 500 000 habitants ou plus. La chambre de commerce de Providence s'est également occupée de ce sujet en invitant les autorités municipales à forcer les Compagnies électriques à mettre leurs fils sous terre. Enfin, les commissaires d'incendie à New-York annoncent leur intention d'enfouir sous les rues tous les fils des avertisseurs d'incendie.

Des expériences en grand vont être faites avec le frein électrique Waldumer sur plusieurs chemins de fer américains.

Éclairage électrique

Ces jours derniers, des expériences d'éclairage électrique ont eu lieu à Londres dans l'usine de M. P. Brotherhood où 300 lampes à incandescence Edison et Swan avaient été installées de chaque côté du local, le courant étant fourni par une seule machine Edison-Hopkinson actionnée par le nouveau moteur perfectionné de M. Brotherhood.

On a pu voir plusieurs nouveaux modèles de lampes construites par la Compagnie spécialement pour la marine, dans le but de tirer le meilleur effet de la lumière, tout en la protégeant contre la boue, l'humidité et les accidents. Sur le toit, on avait placé des lanternes de vaisseau dioptriques, fournies par MM. Chance frères, et pourvues de lampes de 100 bougies, qui sans avoir l'éclat éblouissant et

désavantageux de la lumière à arc donnent pourtant une lumière quatre fois plus grande et plus pénétrante que celle de la meilleure lampe à huile. A une grande hauteur étaient suspendus quatre réflecteurs renversés contenant chacun un groupe de 8 lampes de 50 bougies, modèle de lanterne adopté par le ministère de la marine pour l'éclairage des ponts de vaisseaux. Après l'extinction de la lumière à incandescence tout le courant de la même dynamo fut envoyé à une grande lanterne de projection placée sur le toit de la maison et dont les rayons ont été projetés sur le palais du Parlement avec un effet remarquable, faisant voir tous les détails de sculpture avec une netteté parfaite et plus grande qu'en plein soleil. La nouvelle disposition dans la machine perfectionnée de M. Brotherhood consiste dans l'adoption de soupapes de piston et dans des arrangements spéciaux pour la distribution effective de la vapeur par laquelle on obtient une économie de vapeur égale à celle d'une machine ordinaire à grande vitesse combinée avec une grande durabilité et une parfaite égalité de mouvement. Les cylindres ont 8 pouces de diamètre pour six pouces de course et on obtient 43 chevaux-vapeur par 615 tours à une pression de 75 livres avec une détente de 3/10 environ. La dynamo était reliée directement par le nouvel accouplement flexible breveté par M. Brotherhood qui consiste en un écrou en cuir dont la circonférence extérieure est attachée à une moitié de l'accouplement par un anneau, le côté intérieur étant relié d'une manière pareille à l'autre montée, tandis qu'une distance radiale entre les deux moitiés donne un degré considérable de flexibilité. Ainsi que nous l'avons dit, la dynamo est du type Edison-Hopkinson à aimants elliptiques, enroulés pour 107 volts et capable d'alimenter 400 lampes de 20 bougies. (*Electrical Review.*)

A l'occasion de la visite du duc d'Albany à Derby, on avait suspendu une lampe à arc Brockie de 2 000 bougies au milieu de la rue principale. Une machine Gramme du type A, actionnée par un petit moteur, a fourni le courant.

La lumière électrique a été installée à bord du vapeur *Manaos*, appartenant à la Brazilian Steam Navigation Company. 99 lampes de 20 bougies chaque sont employées, dont 21 dans le salon. Le courant est fourni par deux machines de 60 foyers, actionnées par un moteur Tangye.

Une partie de la ville de Greenock va être éclairée par des lampes à incandescence qui seront adaptées aux reverbères.

On annonce que la station centrale de la Maxim Weston Company, à Manchester, est presque complètement installée pour fournir le courant à 100 lampes à arc et 2 000 lampes à incandescence.

Le gouvernement indien ayant demandé à l'Eastern Electric Light Company de placer leurs fils sous terre, la Compagnie a dû suspendre tous ses travaux, dont l'importance n'est pas assez grande pour autoriser une si forte dépense.

L'*Electrotechniker* donne la description suivante de l'installation de la lumière électrique à bord du bateau transatlantique l'*Elbe* appartenant à la Norddeutsche Lloyd. Toutes les parties du vaisseau sont éclairées par 310 lampes Swan de 20 bougies alimentées par une dynamo Schwerd avec un moteur horizontal à deux cylindres de 40 chevaux de force qui, en cas d'accident peut être remplacée par une autre machine de même grandeur. Le moteur est placé près de la machine à vapeur du vaisseau qui la fait tourner à raison de 700 tours par minute, au moyen de courroies de transmission. Le distributeur du courant est d'un type nouveau, spécialement construit pour cette machine, par lequel on évite les étincelles qui pourraient être dangereuses. Le courant entre de la machine dans le distributeur d'où partent six lignes doubles, selon le système de Gravier, de sorte que chaque ligne forme un circuit complet, et en cas d'accident on n'a qu'à interrompre la ligne endommagée, les autres continueront à fonctionner. Les six lignes sont conduites dans tout le vaisseau permettant ainsi d'allumer ou d'éteindre les lampes de chaque partie séparément.

La Société allemande Edison a soumis à l'administration un devis pour l'éclairage par leur système à incandescence du théâtre de Francfort, selon lequel le bâtiment serait pourvu de 288 lampes à 10 bougies, 256 à 16 et 379 à 32 bougies. Les frais sont estimés à 44000 marks.

Pendant l'année 1883, MM. Siemens frères ont installé la lumière électrique sur 20 bateaux à vapeur avec un nombre total de 4 000 lampes donnant une moyenne de 200 par vaisseau.

La Houston Electric Light Company a entrepris d'éclairer les rues de Houston (Texas) à la lumière électrique.

Le conseil municipal de la Nouvelle-Orléans a autorisé le maire à traiter avec la Brush Electric Light Company pour l'éclairage à l'électricité de la *Canal Street* au prix de 3 000 dollars.

Le palais de l'Exposition universelle, qui aura lieu au mois de décembre prochain à la Nouvelle-Orléans, sera éclairé par 15 000 lampes à incandescence, tandis que les jardins seront illuminés par trois lampes à arc de 3 200 bougies.

Télégraphie et Téléphonie

Un télégramme du gouverneur de la Cochinchine annonce que la pose du câble du Tonkin est heureusement terminée.

Le câble entre Falmouth et Bilbao est interrompu, et provisoirement les télégrammes pour l'Espagne sont envoyés de l'Angleterre par l'Eastern Telegraph Company. Le câble entre l'Angleterre et Jersey est également interrompu, tandis que celui de Londres à Ostende vient d'être réparé.

La correspondance télégraphique entre l'Autriche et l'Egypte, l'Arabie, les Indes, la Chine et l'Australie, a jusqu'ic passé par le câble Trieste-Corfou-Malte-Alexandrie-Suez-Aden-Bombay, ou bien par le câble Constantinople-Rhodes-Alexandrie. L'Eastern Telegraph Company est maintenant en train d'ouvrir une nouvelle voie télégraphique entre l'Autriche et l'Orient en plaçant un câble entre Kanea (Crète) et El-Arisch (Syrie), d'où la ligne sera continuée à terre par Medina et la Mecque jusqu'à Aden. Il existe déjà depuis longtemps un câble entre Kanea et Corfou.

Le *Japan weekly Mail* raconte que les interruptions télégraphiques entre la Chine et l'Europe sont très souvent causées par la méchanceté des pêcheurs ou pirates chinois qui coupent les câbles pour en vendre les fils de cuivre et d'acier.

Le gouvernement grec vient de traiter avec l'Eastern Telegraph C° pour la pose de plusieurs nouveaux câbles.

La pose du premier câble transatlantique placé par

l'Atlantic Telegraph C° entre l'Irlande et Terre-Neuve fut complétée le 5 août 1858. Le placement du deuxième fut commencé en 1865 par la Anglo-American Telegraph C°, mais le câble fut rompu à moitié chemin et ne put être réparé et complété qu'en l'automne de 1866. Dans la même année, la même Compagnie plaçait le troisième câble. Le quatrième fut placé par la Société du câble transatlantique en 1864 entre Brest et Saint-Pierre et Duxbury. Un cinquième fut fini en 1873 entre l'Irlande et Terre-Neuve. Le sixième placé entre les mêmes points, fut complété en 1874, le septième par la Direct United States C° en 1875, le huitième par la C^e Française du câble transatlantique en 1879, et enfin les deux derniers par l'American Telegraph and Cable C° en 1881 et 1882.

Il vient de se constituer à New-York une nouvelle Société ayant pour but de faire construire et placer deux nouveaux câbles entre New-York et Londres directement. En pleine mer, le câble sera posé sans armature dont on ne se servira que dans les courants d'eau très forts et près des côtes. La couverture extérieure sera d'une composition absolument imperméable. Les deux câbles coûteront 30 millions de francs, et la construction sera faite en moins d'une année.

Selon le *Times*, le bateau à vapeur *Kangaroo* a placé le câble pour Saïgon le long de la rivière Doson le 1er février, et on l'attend à Saïgon le 15 de ce mois.

L'Espagne possède aujourd'hui 800 bureaux télégraphiques seulement sur 2 803 localités avec plus de 1 000 habitants. Par un décret royal il est maintenant permis aux communes d'installer des stations télégraphiques dans de certaines conditions. Elles doivent fournir et entretenir le local et les appareils nécessaires, y compris le matériel de ligne et la construction de celle-ci. Ces stations seront desservies par les maîtres d'école qui ne doivent pas recevoir un traitement inférieur à 500 pesetas.

En Italie également, les communes peuvent installer des bureaux de télégraphe, à condition de prendre tous les frais à leur charge.

Le rapport annuel du ministère des postes et télégraphes du Canada donne les détails suivants sur le système télégraphique du pays, qui au lieu d'être une source de revenus pour le Gouvernement, constitue une lourde charge. Les lignes construites ont coûté 800 000 dollars à peu près; les dépenses pendant l'année dernière montent à 55 000 dollars, tandis que les recettes n'atteignent que 27 000 dollars, laissant une perte de plus de 50 pour 100.

Le nombre total de bureaux télégraphiques s'élève à 2 259, ou un bureau par 1 914 habitants, tandis qu'aux Etats-Unis il n'y a qu'un bureau par 3700 personnes. Même la Suisse avec sa population dense n'en a qu'un par 2 000 habitants. Chaque bureau a expédié en moyenne 1 441 dépêches pendant l'année. Le rapport contient une lettre du directeur général de la plus grande entreprise télégraphique particulière, la Great North-Western Telegraph Company, disant que comme longueur des lignes et nombre des bureaux en proportion de la population, le Canada dépasse l'Angleterre dans la proportion de 4 à 1 et que les prix sont en comparaison les plus bas du monde. La Compagnie transmet ainsi 10 mots à 1 200 milles pour 1 fr. 25 c. et la taxe entre toutes les villes, dans un rayon de 12 milles n'est que de 75 centimes.

En Russie, les services de la poste et des télégraphes vont être réunis sous une seule administration, comme en France, et on espère ainsi réaliser une économie notable.

A l'occasion du cinquantième anniversaire de la naissance de M. Reis, la municipalité de sa ville natale, Gelnhausen, a fait placer une plaque commémorative sur la maison de la Langenstrasse, où naquit l'inventeur du premier téléphone.

L'administration des télégraphes du Hanovre a fait faire des expériences téléphoniques entre Hanovre, Cassel et Francfort; jusqu'à Cassel tout marchait très bien, tandis qu'il était difficile d'entendre entre Francfort et Hanovre. On aurait certainement pu obtenir un meilleur résultat si la ligne n'avait pas été composée de tant de sections et on va procéder à de nouvelles expériences dans des conditions plus favorables.

La chambre de commerce de Mannheim s'est occupée dans la séance du 3 courant de l'établissement d'une communication téléphonique entre Mannheim et Francfort-sur-le-Mein. Sur l'avis de la Chambre, les appareils qui donnent toute satisfaction entre Berlin et Magdebourg (145 kilom.) devraient également bien fonctionner entre Mannheim et Francfort (88 kilom.). La première ligne a été établie par l'Etat; un employé est de service tous les jours de midi à trois heures et le prix d'une conversation de cinq minutes est de 2 marks. La Chambre a décidé de prendre des mesures pour la construction d'un système pareil avec un prix réduit en proportion de la distance plus courte à franchir.

A Dublin, on est en train d'établir un système général de communications téléphoniques entre les différentes stations de police et les habitants. On installera dans chaque rue des bureaux téléphoniques qui seront en communication directe avec les bureaux de police.

Le réseau téléphonique de la ville d'Aberdeen, en Ecosse, comprend aujourd'hui 180 milles de fil avec 293 abonnés et 13 lignes particulières.

Des communications téléphoniques ont été établies entre les différents ministères et bureaux du gouvernement à Alexandrie, et on construit en ce moment une ligne du Caire à Alexandrie, une distance de près de 200 kilomètres.

La National Telephone C° a fait placer deux lignes parallèles de 500 yards composées de tuyaux de 3 pouces destinées à conduire 64 fils sous terre jusqu'au centre de la ville, au prix de 12 500 francs par mille.

La Metropolitan Telephone C° de New-York vient d'acquérir toutes les installations de la Law Telephone C°, de sorte que les 600 abonnés de cette dernière vont être en communication directe avec les 3 500 de l'autre. Les deux Sociétés se servaient du téléphone Bell, mais le prix d'abonnement qui était de 12 dollars pour La Law C°, montait à 15 pour la Metropolitan.

La Bell Telephone Company, à Philadelphie, a maintenant 3 000 abonnés, avec une moyenne de 15 000 communications par jour. Le réseau comprend environ 3 500 milles de fils placés sur les toitures des maisons La Compagnie construit près de 50 milles de lignes par jour pour relier de nouveaux abonnés.

Le Gérant : A. NOAILLON.

Paris. — Imprimerie P. Mouillot, 13, quai Voltaire. — 45890

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

51, rue Vivienne, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : AUG. GUEROUT | ADMINISTRATEUR : HENRY SARONI

6e ANNÉE (TOME XI) SAMEDI 1er MARS 1884 N° 9

SOMMAIRE

Le comte Th. du Moncel; Cornelius Herz. — Avertisseurs d'incendie de M. Crane; C.-C. Haskins. — Les machines à vapeur rapides; G. Richard. — Des fils de bronze silicieux dans les transmissions électriques; P. Clemenceau. — Revue de l'Exposition de Vienne : Les machines électriques; Aug. Guerout. — L'électricité en médecine (3e article); Dr A. Tripier. — Chronique de l'étranger : Angleterre; J. Munro. — Revue des travaux récents en électricité : Le thermographe avertisseur d'incendie de MM. Lechne et Lerksch. — Sonnerie électrique de Schæfer et Montanus. — Indicateur Schæfer et Montanus pour bureau téléphonique. — Note sur la loi de Faraday, par M. Wurtz. — Les principes fondamentaux de l'électricité statique, par E. Mach. — Faits divers.

Le Comte Th. DU MONCEL

Tous les hommes ne viennent pas à la science par le même chemin.

Les uns la cultivent par tradition; le père, quelquefois aussi le grand-père, furent des savants distingués, illustres; le fils suit naturellement la voie tracée et y conquiert une juste notoriété; nous connaissons et nous honorons des dynasties de ce genre.

D'autres sont voués à la science par destination du père de famille : « Mon fils sera ingénieur »; le fils docile a suivi la direction; son genre d'intelligence, ses goûts, sont d'accord avec le travail proposé; la carrière se dessine, s'agrandit, et, au lieu d'un ingénieur, il devient un savant.

Quelques-uns se jettent vers la science par esprit inventif; la nature de leur génie les pousse à créer; une certaine forme de combinaisons matérielles, la mécanique, la chimie, les entraîne; ils sentent que là doivent se dépenser leurs facultés imaginatrices; ils étudient la science de leur goût, l'adoptent et l'élargissent.

Enfin, il est des hommes qui cultivent la science par une sorte de tendance générale, de penchant de leur caractère : ils l'aiment et l'adoptent pour elle-même, sans précisément être attirés d'avance par un côté très spécial; ils la goûtent pour les satisfactions qu'elle donne, pour l'utilité générale qu'elle renferme, pour le champ de travail qu'elle présente, car ceux-là sont toujours des travailleurs. Ils s'y choisissent une étude déterminée, qui devient leur science particulièrement aimée, et ne se laissent dépasser par personne dans la carrière qu'ils se sont ainsi ouverte.

C'est parmi ces derniers qu'il faut ranger notre profondément regretté directeur scientifique, M. le comte Th. du Moncel.

Non pas qu'il n'y eût dans sa famille aucune tradition scientifique; nous l'avons dit, le père de M. du Moncel était général du génie; toutefois, il ne paraît pas qu'il ait eu l'intention de diriger son fils vers les carrières scientifiques. Le général du Moncel, vers la fin de sa vie, avait créé auprès de Cherbourg une grande ferme modèle; il consacrait tous ses soins à cette entreprise. Il destinait son fils à continuer cette création chérie de sa vieillesse. Le jeune homme n'y tenait guère. Son désir d'indépendance se marqua d'abord par un goût déterminé pour les voyages. Il dessinait en artiste; il entreprit un voyage en Grèce, et son père, qui le rappelait auprès de lui, ayant cessé de lui fournir les ressources nécessaires, il les demanda à son talent : il savait le dessin; il apprit la lithographie, et rapporta de sa tournée un grand in-folio accompagné de soixante planches, dont la publication paya le voyage.

Il commença donc en artiste cette existence qu'il devait terminer en savant. Cela n'est d'ailleurs pas très rare, quantité d'hommes de science ont aimé et cultivé les arts, non comme un délassement, ainsi qu'on le dit trop facilement, mais comme un développement utile de l'esprit, un mode de travail qui, loin de nuire à la science, élargit les facultés, les rend plus imaginatives et plus puissantes.

D'ailleurs, nous trouvons déjà marqué là un des traits principaux de l'existence de M. du Moncel; toute sa vie il travailla et produisit, non seulement par goût, mais encore parce qu'il regardait cela

comme un devoir, sérieux pour tous, plus strict encore pour quelques uns. M. le comte du Moncel était de famille noble : personne moins que lui ne le fit sentir, personne n'eut l'esprit plus large, l'accueil plus facile, le rapport plus égal; cependant, il estimait que la race n'est pas une chose nulle, et qu'il n'est pas indifférent de sortir d'une série de gens honnêtes et de mérite plutôt que d'une autre; mais, ajoutait-il, cela n'est avantageux qu'à une condition, c'est que celui qui vient ainsi de bonne origine s'efforcera de la relever encore, et s'il a pour ses aïeux des gens qui eurent quelque valeur en leur temps, il fera si bien qu'il ait une valeur aussi grande dans le sien. Rien ne le fâchait plus que la paresse voulue dans laquelle certaines personnes de noblesse laissent s'éteindre des noms qui eurent de l'éclat, et s'il cultiva la science pour elle et par goût, on doit dire qu'il la cultiva aussi pour l'honneur et par sentiment de gentilhomme; certes, ainsi compris, il n'est rien de plus respectable, et il en faudrait beaucoup de ce genre.

Vers 1852, il donna à ses études jusque-là un peu dispersées dans l'art et la science une direction définitive et concentra ses travaux sur l'électricité. On sait si cette branche de la science présente de l'attrait. Aujourd'hui, après bien des travaux avancés, elle est encore d'une admirable fécondité; en l'année dont il s'agit, le champ était presque vierge encore et présentait une admirable carrière aux chercheurs.

Les travaux de M. du Moncel furent d'abord déposés par lui sous la forme d'une série de mémoires qu'il présentait généralement à l'Académie des sciences, quelquefois à l'Académie de Caen, dont il était un des principaux membres, publiant ainsi les expériences à mesure que les résultats étaient acquis.

Ces communications qui embrassent au temps de leur plus grande fréquence un espace de quinze années environ peuvent être rapportées à trois ordres de sujets principaux.

D'abord, l'étude des piles électriques au point de vue de la détermination de leurs constantes, et de l'étude des variations de celles-ci. Dans la série de ces recherches, M. du Moncel fit voir que rien n'est moins constant que ces prétendues constantes, qu'elles dépendent de ce qu'on nomme la polarisation, action spéciale qu'il étudia avec soin, et aussi des conditions dans lesquelles on emploie la pile, en sorte que, mise en jeu sur des circuits différents, ces constantes, si l'on n'y prend garde, sembleront absolument différentes.

A cette étude, il faut rattacher celle des conductibilités des corps médiocrement conducteurs. C'est en recherchant la résistance de la terre employée comme conducteur que M. du Moncel fut amené à entreprendre ces études qui comportèrent un grand nombre d'expériences, et au cours desquelles il constata, entre autres faits singuliers, la propriété que possèdent certains corps d'emmagasiner des charges successives d'électricité qui en se déchargeant l'une après l'autre, peuvent donner lieu à des courants de sens alternativement contraire.

La seconde série d'études a trait au magnétisme et à l'électromagnétisme; elle fut probablement amenée par les fonctions spéciales confiées à M. du Moncel, qui vers ce temps avait été nommé ingénieur électricien de l'administration des lignes télégraphiques, ce qui le conduisit à étudier plus spécialement les actions des aimants et des électro-aimants mis en usage dans les lignes télégraphiques. Il fut ainsi amené à formuler les résultats de ses études en publications étendues : le *Traité pratique de télégraphie*, les *Considérations sur l'électromagnétisme*, et les *Recherches sur les conditions de force des électro-aimants :* nous rencontrons là, déjà, de ces œuvres développées sur lesquelles nous aurons à revenir.

Un troisième ordre d'études se rapporte aux appareils d'induction et très spécialement à celui qui le premier fit connaître très énergiquement les effets de l'induction, c'est-à-dire la bobine qui porte le nom de son constructeur Ruhmkorff. Naturellement les recherches portèrent sur la manifestation la plus marquante de cet appareil, c'est-à-dire l'étincelle.

Peut-être trouvera-t-on que ces travaux sont un peu épars, qu'ils manquent d'une direction unique; ce serait là un jugement faux. Il est vrai qu'actuellement, nous sommes habitués à voir les hommes de science consacrer leur vie à une question, ou du moins à un ordre d'idées, le développer, le porter aussi loin qu'ils le peuvent; mais il n'en était pas ainsi à l'époque où se sont produits les travaux dont nous parlons. Pour apprécier sainement des études, il faut se reporter à l'état général des esprits au temps où ces études furent faites; cela n'est généralement pas très difficile, le développement des sciences est assez graduel et paisible pour que l'espace d'une vie humaine puisse être remonté sans trop d'effort. La chose est plus difficile lorsqu'il s'agit d'une science relativement jeune, comme est l'électricité, alors le mouvement est si rapide, la transformation si prompte qu'au bout de peu d'années on ne se remet pas sans peine au point où l'on était. Aujourd'hui, et depuis vingt ans seulement, la science électrique a pris sa forme, elle est assise sur des théories claires, pourvue de formules certaines, M. du Moncel a été de ceux qui ont contribué à cette installation de la science, il en souffre aujourd'hui en ce sens que les travaux mêmes qui ont ainsi formé les premiers matériaux de l'édifice nous semblent un peu dépourvus de la cohésion qu'ils ont servi à établir.

Il faut justement les considérer à ce point de vue et leur reconnaître la valeur d'initiative qu'ils pos-

Fr. du Manoir

sèdent ; tels que les pierres de fondation, ils ne semblent pas jouer le rôle important de l'édifice, cependant celui-ci repose tout entier sur eux.

On pourrait trouver le même caractère dans les nombreux appareils que M. du Moncel imagina; chacun d'eux dénote un esprit inventif, une connaissance complète de la mécanique pratique, et surtout une appréciation exacte du but à atteindre en même temps que la notion des moyens simples pour réussir.

L'énumération de ces appareils serait inutile, presque tous ont donné des solutions qui plus tard furent, avec des moyens nouveaux, reprises par d'autres, non sans utiliser ce que M. du Moncel avait fait.

Entre toutes, nous en citerons une, celle que M. du Moncel nommait le moniteur des chemins de fer, et qui constituait un procédé de communication continue entre les trains de chemins de fer en mouvement et les gares. Beaucoup de systèmes ont été proposés depuis, tous rentrent dans celui-là; plus tard, une communication de ce genre sera établie, et nous aurons sans doute à faire remarquer à ce moment que le procédé appliqué n'est autre que celui de M. du Moncel.

Un jour vint où l'activité de M. Du Moncel pour la recherche et l'expérience se ralentit. De bonne heure sa santé fut mauvaise; il dut renoncer à l'étude pratique et se fit alors exclusivement ce qu'il avait déjà commencé d'être, l'historiographe de la science. Nous avons dit qu'au temps de ses expériences, il avait formulé ses résultats en quelques œuvres étendues; nous n'avons pas cité cet ouvrage, qu'il entreprit de bonne heure, qu'il n'a jamais cessé de poursuivre et de tenir au courant, et qui constitue le véritable monument de cette existence studieuse, l'*Exposé des applications de l'électricité*. Sous ce titre modeste, il expose tout l'ensemble de la science électrique. La partie théorique n'y a pas naturellement la part prédominante, mais elle a l'étendue qui convient pour expliquer les applications, qui, elles, se trouvent au contraire exposées avec un soin de détails extrême. Au train que mènent les applications de l'électricité, il est certain que cet ouvrage sera bientôt dépassé, maintenant que M. Du Moncel n'est plus là; mais il ne peut plus être question de le modifier et de le maintenir, comme il faisait, au niveau de la science. A l'heure où nous sommes, il faut considérer l'œuvre qu'il a réalisée comme une chose acquise, et s'attendre à la refaire dans quelques années en conservant l'autre comme la marque monumentale d'une des étapes de la science.

A côté de ce travail gigantesque, M. Du Moncel, avait d'ailleurs publié ces volumes de la Bibliothèque des Merveilles qui s'appelaient *l'Eclairage électrique*, *le Téléphone et le Microphone*, *l'Electricité comme force motrice* et qui étaient comme autant de nouveaux chapitres ajoutés à son livre.

Enfin, en 1879, il prit la direction scientifique de *La Lumière Electrique*, il ne cessa jusqu'à ses derniers moments d'y apporter tous ses soins et la part active qu'il prit à la rédaction du journal, tant par les nombreux articles qu'il écrivit que par ceux qu'il inspira, fut le couronnement de son œuvre comme historiographe de la science électrique.

C'est ainsi, par cette série d'études expérimentales, d'œuvres de publiciste, que M. Du Moncel remplit de travaux son existence, comme il avait résolu de le faire; c'est ainsi que, devenu membre de l'Institut, il fut en même temps le plus connu des électriciens français et celui auquel s'adressaient tout naturellement les savants étrangers, et aussi les inventeurs nouveaux. Cette généralité de relations, il la dut à sa valeur personnelle, à la renommée de ses œuvres; il la dut aussi à la grâce de son accueil, à sa bienveillance, à sa persistante et exquise bonté. Nous l'avons dit déjà, lorsque nous avons annoncé à nos lecteurs le coup qui nous frappait, tous ceux qui l'abordaient le quittaient pourvus d'utiles conseils, redressés par des critiques saines et douces, jamais découragés. Le propre de son caractère, de son amour fervent pour la science, était de tout accueillir avec grâce, d'écarter doucement ce qui devait absolument et à toute force être repoussé, d'admettre et d'adopter tout ce qui apportait une idée, un développement, une tendance même pouvant être utile à la science, qu'il aimait tant.

Nous tous, dans ce journal qui fut l'affection de ses derniers jours, nous savons combien nous devons à cet esprit aimable, en qui nous avions un ami dévoué. Tous les hommes de science ne sont pas ainsi ; il en est qui ayant conquis un domaine, quelquefois très vaste, semblent vouloir se l'approprier, et voient d'un œil jaloux tous ceux qui veulent y entrer même au titre le plus modeste; le comte du Moncel n'était pas de ceux-là, il aimait assez la science pour aimer ceux qui désiraient la cultiver avec lui, pour les inviter et les accueillir.

Son œuvre restera comme le plus beau monument élevé à sa mémoire, mais il restera de lui-même un souvenir qui ne s'effacera pas dans le cœur de ceux qu'il a aidés; dans les œuvres que ceux-là pourront faire, ils n'oublieront pas qu'une part revient au maître qui leur a ouvert la porte de la science, et d'une main amie leur a facilité les premiers pas.

CORNELIUS HERZ.

AVERTISSEUR D'INCENDIE

DE M. CRANE

Depuis que l'on emploie des avertisseurs électriques d'incendie, on s'est occupé de la possibilité d'empêcher deux ou plusieurs signaux d'arriver en même temps au bureau central et de donner lieu ainsi à des erreurs ou à des retards. Beaucoup d'expériences ont été faites dans ce but, mais aucun essai n'a jusqu'ici obtenu un succès complet.

L'invention que je vais décrire paraît remplir le but cherché ; elle a été adoptée pour les dernières boîtes de la Gamewell Fire Alarm C°, qui possède les brevets, et pour laquelle l'inventeur, M. G. Crane, travaille constamment au perfectionnement du système, qui est si simple qu'une description sommaire suffira pour le faire comprendre à nos lecteurs.

Dans le croquis j'ai supprimé toutes les parties de la boîte qui ne sont pas nécessaires au fonctionnement. L'appareil est contenu dans un cylindre de 7 pouces de diamètre environ et d'une profondeur de 2 1/2 à 3 pouces, qui à son tour est renfermé dans une boîte en fer avec une porte fermant à clef, par laquelle passe un crochet vu de côté dans la figure 1 et désigné par *a*. Cette boîte est placée dans une autre en fer plus grande et fermant à clef également, qui protège le tout des accidents et du mauvais temps. Des clefs accessibles au public en cas d'incendie sont placées à des endroits convenables dans le voisinage. La figure 2 montre l'aimant *a*, dont l'armature *b* est trop éloignée pour être attirée sous l'influence du courant normal de la pile. Cette armature est suspendue en *c* à une plaque de laiton fixée solidement au cadre de la boîte, un ressort *d* la maintient en position. Dans la plaque se trouve un trou qui contient une goupille verticale en ébonite dont le bout inférieur vient butter contre le dos de l'armature ; la goupille est placée de manière qu'une pression exercée dans la direction de l'axe de sa longueur par une autre goupille sur la porte extérieure forcera l'armature à s'approcher de l'aimant.

Sur le bout inférieur du levier de l'armature se trouve un écrou détaché *f* maintenu par un ressort à boudin. *gg'* représente le levier qui, au repos, retient le rouage par l'entaille *i* qui prend la goupille *h*. Pendant qu'on fait fonctionner la sonnerie d'alarme, le levier *g g'* est tenu éloigné de la goupille *h* par une excentrique, il retombe ensuite à sa place un instant avant que la goupille n'arrive à l'entaille. Le levier *a* (fig. 1) est trop court pour arriver à *gg'*, excepté quand l'armature, étant près de l'aimant, permet à l'écrou *f* de prendre sa place sous *gg'* et au-dessus de K.

La boîte fonctionne de la manière suivante : la personne qui désire annoncer un incendie ouvre la porte extérieure de la boîte et tire le crochet en bas. Le levier K fait monter *f*, qui à son tour fait lever *gg'*, qui laisse échapper *h*, et l'instrument répète le signal cinq fois à la station centrale. Il est à remarquer que tous les circuits d'avertisseurs d'incendie sont des circuits fermés, et que le signal est envoyé en les ouvrant : à la première interruption du circuit l'armature s'écarte comme le montre la figure 2, et le courant est trop faible pour la faire revenir à sa place. Dans toutes les boîtes fermées d'un même circuit les armatures sont maintenues en place mécaniquement par les portes extérieures qui enfoncent la goupille ε. Si la porte d'une boîte est ouverte pendant qu'un signal est

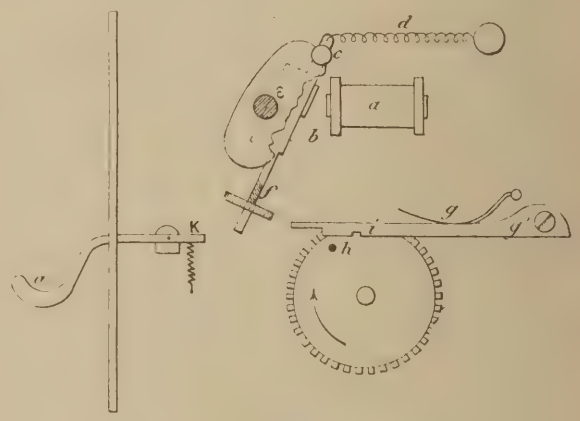


FIG. 1 ET 2

envoyé par une autre boîte du même circuit, la goupille ε se lève et l'armature s'écarte ; aucun effet n'est produit en tirant le crochet, puisque K n'arrive pas au levier *g g'*. Mais en fermant les portes extérieures on place toutes les armatures si près de l'aimant que le courant de ligne les maintiendra en position. Dès que le signal a été donné, les boîtes sont prêtes à servir comme auparavant.

C. C. HASKINS.

LES

MACHINES A VAPEUR RAPIDES

Je me propose de décrire, dans cette série d'articles, les principaux moteurs à vapeur à marche rapide que l'on peut utiliser pour commander les machines dynamo-électriques, directement ou sans l'intervention d'une transmission intermédiaire.

Les machines de ce genre sont extrêmement

nombreuses; il m'a fallu faire un choix destiné à donner, aux lecteurs de ce journal, plutôt l'image d'un certain nombre d'idées justes et spécialement applicables à cette classe de moteurs qu'une connaissance encyclopédique du sujet.

La marche des machines dynamo doit être, lorsqu'il s'agit d'éclairage surtout, absolument sûre et très régulière. La machine à vapeur doit donc être, avant tout, robuste, simple, à l'abri des grippements et des chauffages, et munie d'un bon appareil régulateur. Sa vitesse même est, à ce dernier point de vue, une garantie.

La question de l'économie de combustible vient ensuite, très importante dès que la force du moteur s'accroît un peu. J'ai donc cru devoir faire précéder la description des moteurs qui font l'objet de ce mémoire de quelques considérations générales sur les premiers principes à considérer en ce qui concerne l'économie des machines à vapeur; ces considérations, exposées sans aucun appareil de formules, seront peut-être utiles à ceux de nos lecteurs qui ne sont pas, comme les mécaniciens de profession, familiarisés avec la théorie des machines à vapeur. Elles nous démontreront que les conditions économiques d'une machine à vapeur n'excluent pas la simplicité des organes de la distribution, et qu'il est possible de construire un moteur satisfaisant, à la fois, aux nécessités d'un fonctionnement certain et facile et aux avantages d'une grande économie de combustible, très rapide, et aussi durable qu'une machine lente, pourvu que l'on n'exige pas un bon marché dérisoire.

La bonne construction d'une machine rapide, c'est-à-dire très puissante sous un faible volume, est, en effet, difficile. La machine, toujours comparativement très légère, coûtera donc très cher au kilogramme ou au mètre cube; elle paraîtra toujours, au premier abord, très coûteuse au gros public habitué à l'admiration des machines lourdes, imposantes, plus majestueuses souvent que rationnelles.

Nous consacrerons un chapitre spécialement à la description des machines à *simple effet*. Brotherhood, Westinghouse, Demenge Farcot, qui s'adaptent avec tant de facilité aux marches très rapides, et nous terminerons notre étude par la description de quelques systèmes de régularisation des machines à vapeur par l'électricité même qu'elles produisent.

Le cycle élémentaire des machines à vapeur est bien connu : on sait qu'il peut se décomposer en trois périodes principales.

L'*admission* et la *détente* de la vapeur, pendant la course *motrice*, ou l'allée du piston.

L'*échappement* de la vapeur, dans l'atmosphère ou au condenseur, pendant le retour, ou la course *résistante* du piston.

Les machines à vapeur sont à *simple* ou à *double effet*, suivant que l'on fait agir la vapeur sur une seule des deux faces du piston, ou, successivement, sur ses deux faces.

Le rôle de la *distribution* consiste, essentiellement, à répartir ou à distribuer la vapeur au cylindre, de manière qu'il y ait toujours l'une des faces du piston en communication avec la vapeur active et l'autre avec l'atmosphère ou le condenseur. Il en résulte que la distribution doit renverser le cours de la vapeur deux fois par tour dans les machines à double effet, et une fois seulement dans les machines à simple effet.

Les fonctions de la distribution sont, en réalité, beaucoup plus complexes et plus délicates qu'on serait tenté de le croire d'après ce qui précède; il en est de même du cycle réel des machines à vapeur.

Chacune des périodes du cycle élémentaire ou fondamental peut, en effet, se compliquer de plusieurs phénomènes secondaires.

L'échappement de la vapeur s'ouvre toujours un peu avant la fin de la course motrice; de là, une période d'*échappement anticipé*, terminant la détente proprement dite.

L'échappement se ferme, puis l'admission s'ouvre, toujours avant la fin de la course rétrograde du piston; de là, les périodes de la *compression* de la vapeur qui n'a pas pu s'échapper du cylindre et de l'*admission anticipée*, qui viennent singulièrement compliquer la fonction si simple de l'échappement proprement dit.

Nous allons exposer sommairement les principaux phénomènes qui se manifestent pendant chacune de ces périodes.

Admission

On désigne sous le nom d'admission la période du cycle pendant laquelle le cylindre est mis en communication la plus directe possible avec la vapeur de la chaudière, et parfois aussi, par extension, la longueur de la course parcourue par le piston, ou le volume qu'il décrit, pendant cette période.

Il se produit toujours, pendant la période d'admission, du moins avec de la vapeur non surchauffée, deux phénomènes importants : une *chute de pression* de la vapeur, en passant de la chaudière au cylindre, et une *condensation* de la vapeur, sur les parois du cylindre, sur le piston et sur sa tige.

Il résulte, de cette condensation, que la dépense de vapeur, ou la masse de vapeur admise au cylindre, pendant la première période du cycle, est supérieur à celles que l'on déduirait de l'examen des diagrammes.

La principale cause de la chute de pression est la résistance offerte au passage de la vapeur par le

robinet ou par la valve de prise de vapeur, par les distributeurs qui lui ouvrent un passage insuffisant, et par les tuyaux qui la conduisent de la chaudière à la prise de vapeur, puis au distributeur.

Cette dernière résistance est, en général, peu importante, le frottement de la vapeur dans les tuyaux est, en effet, très faible, tant que sa vitesse d'écoulement ne dépasse environ 30 mètres par seconde, c'est-à-dire, tant que la section de ces tuyaux reste égale, à peu près, au dixième de la surface des pistons.

La résistance de la valve de prise de vapeur peut facilement être réduite à très peu.

Il reste les résistances opposées par le distributeur au passage de la vapeur à travers des orifices trop étroits pour qu'elle puisse suivre librement le piston, ou, comme on le dit, par l'*étranglement* ou le *laminage* de la vapeur à travers les lumières d'*admission*.

Le laminage de la vapeur, par les organes de la distribution, a principalement pour effet d'abaisser la pression de la vapeur avant la fin de l'admission et le commencement de la détente proprement dite, parce que l'orifice d'admission ne se ferme pas tout d'un coup, mais graduellement.

On a souvent affirmé que le laminage de la vapeur, tout en réduisant la puissance des machines, n'en diminuait pas le rendement, ou le travail développé sur les pistons par kilogramme de vapeur admise. En effet, la densité de la vapeur variant, à peu près, en raison inverse de sa pression, et le travail accompli par le piston étant proportionnel au produit de la pression de la vapeur par son volume dépensé, le travail développé par kilogramme de vapeur paraît, au prime abord, devoir être indépendant de la pression à l'admission.

Cette affirmation, théoriquement exacte pour une machine à contre-pression très faible, est inexacte pour les machines à condensation, où la contre-pression, égale au moins à la pression de l'atmosphère, exerce un travail négatif ou résistant comparable au travail total développé par la vapeur sur la face active du piston. Ce travail négatif devient une fraction du travail total d'autant plus considérable, et plus nuisible, que ce travail total est moindre, ou que la pression à l'admission, est, toutes choses égales, moins élevée.

On a donc, avec les machines sans condensation surtout, grand intérêt à maintenir la pression à l'admission aussi élevée que possible.

On remarquera, de plus, que cette diminution du rendement de la vapeur, par le laminage, n'est pas en contradiction avec le principe de l'équivalence mécanique du travail et de la chaleur.

D'après ce principe, le travail de frottement subi par la vapeur, pendant son passage à travers un orifice étranglé, s'y conserve sous forme de chaleur, de sorte que la vapeur, dont la pression s'est abaissée par le laminage, est portée à une température supérieure à celle du point de saturation correspondant à cette pression. On dit alors que la vapeur est *surchauffée*. Son énergie totale n'a presque pas changé, l'énergie disponible ou utilisable a seule diminué sensiblement, par le fait de l'abaissement de sa pression.

Les effets de l'étranglement de la vapeur dépendent aussi de son humidité, qui peut les atténuer en partie, et de l'influence des parois conductrices du cylindre et du piston.

C'est à l'*influence de ces parois*, à leur conductibilité et à leur rayonnement, que l'on doit attribuer la condensation de la vapeur pendant l'admission. Cette condensation d'une partie de la vapeur admise s'effectue en vertu du principe de Watt qui s'énonce comme il suit :

« Quand une vapeur est introduite dans un récipient, sa tension finale est toujours égale à celle qui correspond à la température des parois du récipient. »

Les parois exercent leur influence, non seulement pendant la période d'admission, mais pendant toute la durée du cycle. Cette influence, connue de Watt comme le prouve l'invention de l'enveloppe de vapeur, et parfaitement définie par Combes, a été analysée et déterminée numériquement par M. Hirn, dans une série d'études et d'expériences qui assurent à leur auteur un nom célèbre dans l'histoire du développement scientifique de la machine à vapeur.

Au commencement de l'admission, la vapeur introduite au cylindre se trouve prise, en une couche de faible épaisseur, entre les surfaces métalliques du fond du cylindre et du piston, relativement très étendues et refroidies par leur communication avec l'atmosphère ou le condenseur. La vapeur s'y condense, jusqu'à ce que ces surfaces aient atteint, à peu près, la température correspondant à sa pression de saturation dans la boîte du distributeur. Cette condensation s'effectue complètement, malgré la courte durée du contact de la vapeur avec les parois. Nous verrons bientôt comment ce phénomène est atténué par la compression et l'admission anticipée.

A mesure que le piston avance sous la pression de la vapeur, il découvre devant elle de nouvelles surfaces froides, mais moins étendues par rapport au poids de vapeur en contact avec elles, de sorte que la condensation est moins active qu'au commencement de la course.

L'importance de cette condensation dépend principalement de la température initiale des parois du cylindre, de leur conductibilité, de la quantité d'eau qui reste dans les cylindres après l'échappement, de la durée de l'admission et de la vitesse du piston. Cette dernière influence surtout est très complexe, car la condensation, si rapide qu'elle

soit, n'est pas instantanée, et tout porte à croire qu'une fois la surface même des parois portée, comme elle y parvient très vite, a une température voisine du point de saturation de la vapeur, la chaleur s'écoule ensuite plus lentement à travers l'épaisseur de leur métal, et d'autant moins vite qu'elle y pénètre plus avant.

L'action des parois est donc, dans les machines rapides surtout, en très grande partie superficielle, de sorte que la surface active des parois s'y trouve constituée presque autant par la couche d'enduit graisseux qui les recouvre que par le métal même.

Il donc impossible de déterminer *à priori* l'importance de la condensation à l'admission. Elle est parfois assez considérable pour fausser de 20 à 30 o/o les évaluations que l'on ferait, d'après les indications d'un diagramme, de la masse totale de vapeur admise au cylindre. Le diagramme indique bien, en effet, le poids de vapeur saturée présent au cylindre en un point quelconque de la course, mais nullement la proportion d'eau qui l'accompagne par entraînement, ou provenant de la condensation d'une partie de la vapeur admise.

Détente.

La détente de la vapeur commence, ainsi que nous l'avons dit, toujours un peu avant la fermeture de l'échappement, dès que l'ouverture de la lumière d'admission est fermée ou étranglée au point que la vapeur ne puisse plus suivre, sans abaisser sa pression, la marche du piston.

On compte ordinairement la détente à partir du point où le distributeur ferme complètement l'admission. La longueur de la course du piston comprise entre le commencement de la détente réelle et la fermeture complète du distributeur, ou le commencement de la détente géométrique, augmente avec les distributions à déclics, ou à mouvement de fermeture par ressort, proportionnellement à la vitesse de marche du moteur.

Le point où commence la détente géométrique se reconnaît ordinairement, sur les diagrammes, par une inflexion qui marque le raccordement de la courbe de détente anticipée, convexe vers le haut du diagramme, avec la courbe de détente réelle, convexe vers le bas.

L'influence des parois agit, pendant la période de détente, d'une manière très complexe.

Si les parois du cylindre et du piston étaient constituées par une matière non conductrice, la détente de la vapeur serait, suivant l'expression employée dans la théorie mécanique de la chaleur, *adiabatique*, c'est-à-dire, qu'elle s'effecturait sans perte ni gain de chaleur par les corps extérieurs. La vapeur se détendrait sans emprunter de la chaleur aux corps qui la renferment, et sans leur en céder.

Dans ce cas hypothétique d'une détente sans échange de chaleur entre la vapeur et les corps extérieurs, la chaleur de la vapeur diminuerait d'une quantité équivalente seulement au travail mécanique effectué pendant la détente.

D'autre part, cette vapeur resterait toujours à sa température de saturation, ne se surchaufferait pas, et sa chaleur latente augmenterait à mesure que la pression s'abaisserait.

La vapeur se condenserait donc pendant la détente adiabatique; une partie de la vapeur se liquifierait pour céder au reste la chaleur équivalente au travail de détente exercée sur le piston, et la maintenir à l'état de saturation.

On peut, en échauffant artificiellement les parois du cylindre, fournir à la vapeur, pendant sa détente, précisément assez de chaleur pour l'empêcher de se liquéfier. Le poids de vapeur présent au cylindre reste alors invariable; on dit que la détente s'opère à masse de vapeur constante.

Le tracé de la courbe correspondant à cette détente, sur un diagramme d'indicateur, permettrait de suivre les variations de la masse de vapeur présente et active au cylindre pendant toute la durée de la détente réelle.

Si l'on fournit à la vapeur, pendant sa détente, plus de chaleur qu'il n'en faut pour l'empêcher exactement de se liquéfier, la loi de sa détente se rapprochera de plus en plus de celle de la *détente hyperbolique*, dans laquelle les volumes sont en raison inverse des pressions. La courbe représentative de cette détente est, comme on le voit, une branche d'hyperbole.

La loi de cette détente s'exprime par la même équation que la loi de détente des gaz, ou loi de Mariotte, mais ce n'est là qu'une analogie de forme. Pour qu'un gaz suive la loi de Mariotte, il faut, en effet, que sa température reste constante, tandis que la température de la vapeur s'abaisse pendant la détente hyperbolique. En outre, tandis qu'il ne faut fournir au gaz, pour qu'il se détende suivant la loi de Mariotte, que la chaleur équivalente au travail externe accompli par sa détente, la vapeur exige, au contraire, pour se détendre suivant la loi $pv =$ constante, une quantité de chaleur plus considérable.

L'étude des diagrammes d'indicateurs démontre que, dans la plupart des machines à vapeur, la courbe de détente réelle se maintient au-dessus des courbes de détente adiabatique et même de la courbe de Mariotte. Ceci est vrai surtout pour les machines rapides et à haute pression, comme les locomotives et les machines marines.

Il y a donc, en général, présente au cylindre, à chaque instant de la détente, un poids de vapeur plus grand que celui qui correspond au volume et à la pression de la vapeur à la fin de l'admission. En d'autres termes, il y a, pendant la période de

détente, augmentation de la masse de *vapeur* présente au cylindre.

Il est clair, en effet, que si la masse de vapeur présente au cylindre restait invariable pendant la détente, l'excès de pression constaté sur les diagrammes, au-dessus des courbes adiabatiques et de Mariotte, ne pourrait provenir que d'une surchauffe de la vapeur, incompatible avec le travail qu'elle dépense et avec la température de plus en plus basse des parois successivement découvertes par le piston.

Voici comment on peut expliquer, par l'influence des parois, ce phénomène en apparence paradoxal.

La condensation de la vapeur sur les parois du cylindre, que nous avons vu se produire pendant l'admission, continue pendant la détente anticipée et pendant une certaine partie de la détente géométrique, tant que la température des parois reste inférieure au point de saturation correspondant à la pression de la vapeur.

A mesure que la détente se prolonge, la température de saturation de la vapeur s'abaisse, en même temps que sa pression, et finit par devenir inférieure à la température de l'eau de condensation qui ruisselle sur les parois du cylindre. A partir de ce moment, cette eau entre en ébullition; elle vient ajouter sa vapeur à celle qui se détend et en relever la pression.

Or, cette vaporisation s'effectue en empruntant de la chaleur aux parois du cylindre; en outre, le piston découvre, à mesure qu'il avance, des surfaces de plus en plus froides, puisqu'elles ont été plus longtemps en rapport avec l'atmosphère ou le condenseur. Enfin, il se produit, par le fait même du travail de la détente, un refroidissement équivalent, dans toute la masse de la vapeur peu conductrice, et par conséquent isolée de l'influence directe des parois. Ce refroidissement produit une légère condensation, disséminée comme un brouillard dans toute la masse de la vapeur.

Le mélange de vapeur et d'eau présent au cylindre à la fin de l'admission se trouve donc soumis, pendant la détente, à des influences multiples, dont les unes tendent à augmenter et les autres à diminuer la proportion de vapeur.

Dans les machines rapides et à détentes modérées, les actions qui tendent à augmenter la proportion de vapeur prédominent; il n'en est pas de même avec les machines lentes, à très longue détente. De là, ce fait, inexpliquable dans l'ancienne théorie, que les détentes très prolongées ne sont pas économiques, lorsqu'on les accomplit dans un seul cylindre, mal protégé contre les refroidissements.

Échappement.

L'échappement anticipé, qui suit immédiatement la détente, n'exerce pas, dans les machines lentes, une grande influence sur le rendement du moteur. Il en diminue la puissance, sans augmenter notablement leur rendement. Il n'en est pas de même avec les machines rapides. L'échappement anticipé leur est nécessaire pour diminuer la contre-pression, ou la résistance à l'échappement, pendant le retour du piston. La diminution du travail moteur qui en résulte est plus que compensée par la diminution du travail résistant de la contre-pression.

Pendant l'échappement, une partie de l'eau présente au cylindre, et qui ne s'est pas évaporée pendant la détente, se transforme en vapeur, parce que sa température est supérieure au point de saturation correspondant à la pression d'échappement, ainsi que la température moyenne des parois.

Si la température *moyenne* des parois ne s'abaisse pas alors au-dessous de ce point, presque toute l'eau présente au cylindre se vaporise pendant l'échappement, sinon l'eau s'accumule à chaque course du piston, et le rendement devient très faible. De là, en partie, l'insuccès des grandes détentes appliquées dans des cylindres non réchauffés.

La contre-pression est très faible lorsqu'on se donne un échappement anticipé suffisant. Elle augmente, toutes choses égales, avec l'humidité de la vapeur et proportionnellement, à peu près, aux carrés des vitesses du piston.

Compression.

On donne, comme nous l'avons vu, le nom de compression à la période du cycle qui s'étend depuis la fermeture de l'échappement, avant la fin de la course arrière du piston, jusqu'à l'ouverture de l'admission anticipée.

La vapeur enfermée et comprimée derrière le piston est presque toujours très humide, elle cède en outre, aux parois, une partie de la chaleur due au travail de compression. La courbe décrite par le crayon de l'indicateur se maintient donc souvent au-dessous de celle qui correspond à la loi de Mariotte, ce qui indique que la vapeur n'est pas surchauffée. L'inverse a lieu quelquefois, dans les machines très rapides, à plateaux munis d'une circulation de vapeur.

D'autre part, la chaleur cédée aux parois pendant la compression les échauffe et contribue ainsi à diminuer la condensation pendant l'admission.

Enfin, le travail résistant exercé sur le piston par la vapeur comprimée lui est presque totalement restituée, comme par un ressort, pendant sa course motrice.

La compression est, en outre, très utile, avec les machines rapides surtout, à la conservation des mécanismes. La poussée exercée par la vapeur

comprimée arrive, en effet, presque à détruire, par elle seule, la vitesse du piston vers la fin de sa course, et à absorber sa puissance vive, en même temps que s'annule la vitesse horizontale du bouton de manivelle. Sans la compression, cet arrêt du piston ne pourrait s'effectuer que par l'effort des articulations de la bielle, qui ont forcément un certain jeu, et qui subiraient des chocs.

La compression est donc utile au point de vue mécanique aussi bien qu'au point de vue thermique.

On ne peut déterminer *à priori* le degré de compression qui conduirait au meilleur résultat à ces deux points de vue. On obtient, en général, un bon résultat, en réglant la compression de manière que la compression atteigne, à l'ouverture de l'échappement anticipé, la pression de la chaudière, pourvu que la pression à la fin de la détente soit peu différente de celle de la vapeur à l'origine de l'admission.

La longueur de la période de compression doit donc être, toutes choses égales, d'autant plus grande que l'espace nuisible est plus étendu et la détente plus prolongée.

L'admission anticipée a pour effet, dans les machines où la compression est trop faible, de porter à la pression de la chaudière la vapeur qui remplit les espaces nuisibles avant le commencement de la course motrice. Avec les machines à compression trop élevées, l'admission anticipée diminue, au contraire, l'excès de pression qui en serait la conséquence. Dans les deux cas, elle permet à la vapeur venant de la chaudière de trouver, à l'admission proprement dite, avec des lumières largement ouvertes, une pression sensiblement égale à celle de la chaudière, condition évidemment favorable à une marche économique.

(*A suivre.*) GUSTAVE RICHARD.

DES FILS DE BRONZE SILICIEUX

DANS LES

TRANSMISSIONS ÉLECTRIQUES

L'emploi des fils de bronze silicieux est encore chose toute récente ; le petit nombre d'essais faits avec ce métal semblent devoir donner de bons résultats ; et bien que nous ayions déjà tenu nos lecteurs au courant des expériences tentées à ce sujet, nous n'hésitons pas à y revenir encore, à propos d'une communication intéressante que vient de faire à la Société de physique M. Henry Vivarez.

Le cuivre, on le sait, est le canalisateur ordinaire de l'électricité ; mais en dépit de sa conductibilité, sa faible résistance à la rupture, et son extensibilité ne permettent guère son emploi pour des lignes aériennes. M. Vivarez rappelle, en effet, qu'au début de la télégraphie électrique une ligne aérienne en fil de cuivre fut établie entre Paris et Rouen, mais bientôt on fut amené à constater que sous la seule influence de son poids, le fil s'était allongé d'une fraction considérable de sa longueur initiale. Ce fut la condamnation irrévocable du cuivre; car la flèche que prend le fil, le met à la portée de la main des passants (chose imprudente), et en outre, l'allongement se produisant fatalement au détriment de la section, il entraîne également une double diminution de conductibilité. C'est ainsi que l'emploi du fer ou de l'acier s'impose. Ils ont pris, on le sait, une importance colossale, mais cependant, leurs inconvénients bien connus, et parmi lesquels dominent le poids, et la grande résistance électrique, font que le besoin d'une solution meilleure se fait de plus en plus sentir à mesure que se multiplient les installations électriques.

On songea tout d'abord au bronze phosphoreux. On y fut conduit naturellement par ce fait que dans la préparation des fils de cuivre, il y a tout intérêt, au point de vue de la bonne conductibilité, à éliminer autant que possible toutes les particules d'oxyde de ce métal; et que le phosphore par son affinité pour l'oxygène est un des meilleurs agents de réduction. En outre, le bronze phosphoreux offre une grande résistance mécanique et un des premiers essais qui fut tenté il y a cinq ans en Angleterre pour relier le phare de Mumble au promontoire de Swansea, a donné jusqu'à ce jour un excellent résultat. Malgré cela son emploi ne semble pas devoir se généraliser beaucoup. D'abord, si sa résistance mécanique est grande, sa résistance électrique ne l'est pas moins; gros inconvénient déjà, mais de plus, le bronze phosphoreux se cassant facilement, et, par suite, étant difficile à plier, la pose des lignes est, dans ces conditions, toujours une chose délicate.

M. Lazare Weiller, que cette question préoccupe, chercha d'abord une solution dans cette voie, en s'occupant du tréfilage du bronze phosphoreux; mais les inconvénients précités, ne tardèrent pas à lui montrer qu'il fallait pour trouver un bon conducteur de l'électricité, diriger ses recherches d'un autre côté. Les remarquables travaux de M. Henri Sainte-Claire-Deville, sur les siliciures du cuivre, fixèrent alors son attention, et reprenant l'étude du maître il arriva, en faisant agir sur un mélange de cuivre et de fluosilicate de potasse un alliage d'étain et de sodium, au métal qu'il préconise aujourd'hui : le bronze silicieux.

Dans sa communication à la Société de physique, M. Vivarez, plaidant un peu *pro domo suâ*, le présente sous un jour extrêmement favorable, cela va sans dire, mais bien que le temps, ce terrible des-

tructeur, n'ait pas encore dit son mot, nous devons dire qu'actuellement, le bronze silicieux offre des qualités sérieuses et des avantages spéciaux qui semblent dans l'avenir devoir lui assurer la préférence sur le fer et le cuivre pur.

Les lignes de bronze silicieux, présentent, en effet, une conductibilité maxima de plus de 90 o/o de la conductibilité théorique.

La résistance mécanique peut atteindre environ 45 kilog. par millimètre carré, et tout en conservant une malléabilité suffisante pour qu'on le puisse plier facilement sans le rompre, un fil de ce métal ne s'allonge guère que d'un centième de sa longueur sous le poids qui entraîne sa rupture.

Sous le diamètre de deux millimètres, il correspond comme conductibilité au fil de fer de 6 millimètres, et tandis que celui-ci pèse 155 kilog. au kilomètre, il ne pèse que 28 kilog., soit environ six fois moins. On peut d'ailleurs en obtenir divers types à résistance mécanique et à conductibilité différentes. Un accroissement de la première entraîne, il est vrai, une diminution de la seconde; mais dans les applications, où comme pour la téléphonie, on peut accepter une assez grande résistance électrique on peut employer des fils fins dont la conductibilité n'est guère que les 35 centièmes de celle du cuivre pur mais présentant une résistance de 70 kilog. par millimètre carré.

Dans la pratique, un fil de bronze silicieux de 1 millimètre 10 de diamètre pesant 8 kilog. 45 le kilomètre peut remplacer un fil d'acier de 2 millimètres dont le poids au kilomètre est de 25 kilogs.

Il est évident que cette diminution considérable de poids des lignes en bronze silicieux facilite extrêmement la pose et peut mener à une certaine économie dans le nombre des supports comme dans les frais de transport. En outre, l'emploi de fils fins a une autre conséquence d'importance moindre, il est vrai, mais qui pourtant a sa valeur. Les ligatures sur la ligne, sont toujours des points faibles, quelque bien faites qu'elles soient, et comme avec des fils d'un diamètre relativement petit on a la facilité d'obtenir des tronçons de plus grandes longueurs ; la sécurité de la transmission en est par contre mieux opérée.

A côté de ces avantages il en est un dernier. Les fils de fer finissent toujours à la longue par être rongés par la rouille qui peut très vite créer des dérivations fâcheuses par le sol, tandis que le bronze silicieux se recouvre très rapidement à l'air d'une sorte de patine, mauvaise conductrice de l'électricité, et qui, sans altérer la nature du métal, ne peut qu'augmenter l'isolation.

On le voit, pour le moment il n'y a guère d'objection à faire sur l'emploi du bronze silicieux, comme conducteur dans les transmissions électriques. Il est accueilli avec une certaine faveur par les électriciens, et comme *couverture* de ce que nous venons de dire, nous citerons après M. Vivarez l'opinion du grand électricien anglais M. Preece.

« La légèreté du bronze silicieux, sa résistance « mécanique, sa haute conductibilité, son inoxyda- « bilité le rendent éminemment propre au service « de la télégraphie. Si les lignes aériennes étaient « faites avec ce fil et placées avec ordre sur des « supports élégants, ce serait la fin de cette croi- « sade déraisonnable entreprise dans certains en- « droits pour obtenir leur suppression.

« Construites judicieusement et sous un con- « trôle sérieux, les lignes aériennes sont plus ef- « ficaces que les lignes souterraines. Elles résis- « tent mieux qu'on ne pense au vent et à la neige, « ne sont pas soumises aux perturbations électri- « ques, peuvent être rendues silencieuses, et per- « mettent aux poteaux existants de supporter un « bien plus grand nombre de fils. Avec le bronze « silicieux, les municipalités et les autorités loca- « les ne pourraient plus exiger leur destruction, « et imposer aux administrateurs des dépenses « inutiles et même nuisibles au point de vue du « travail à produire. »

L'administration française, en outre, a entrepris l'essai de ces lignes nouvelles, la Compagnie des téléphones s'en est servi dans diverses installations; et plus récemment encore M. Marcel Deprez qui en avait, avec succès, fait usage lors de son expérience de Grenoble, vient d'adopter le bronze silicieux comme conducteur pour la grande installation de transport de force de Creil à Paris, qu'il prépare en ce moment. Le bronze silicieux semble donc devoir prendre une très grande extension et contribuer pour sa part au développement des installations électriques de toute nature. En dehors de ce qui précède, il est appelé à rendre des services à la télégraphie de campagne, à cause de sa légèreté, et, par la même raison, à la télégraphie sous-marine, si l'on parvient dans l'âme des câbles à substituer au cuivre un métal plus résistant à la charge et qui pourra prendre sa part des efforts que le câble a à supporter. Pour cela il faut deux choses : d'abord qu'à mesure que son emploi se généralisera, on continue à apporter à sa fabrication le soin qu'elle nécessite, pour conserver au métal ses qualités, et qu'ensuite le temps ne révèle pas des inconvénients graves, imprévus aujourd'hui, ou qu'il ne fasse pas surgir un nouvel alliage, plus léger, plus conducteur et moins cher. Comme toujours et pour toutes choses : Qui vivra, verra.

P. Clemenceau.

REVUE
DE
L'EXPOSITION DE VIENNE

LES MACHINES ÉLECTRIQUES

Machines alternatives.

Les machines à courant alternatif sont les premières au point de vue de la date d'invention, et c'est par elles que nous commencerons cette revue.

La plus importante exposition de machines alternatives était celle de MM. Ganz et Cᵉ, de Budapest, qui exposaient les machines et lampes de leur ingénieur M. Zipernowski. Depuis 1879, époque à laquelle elle a commencé à fabriquer des machines et lampes électriques, la maison Ganz avait déployé une très grande activité.

La Lumière Electrique a eu occasion de signaler à plusieurs reprises ses installations parmi lesquelles nous mentionnerons l'éclairage du Théâtre National de Budapest avec 1 000 lampes, celui de l'usine *Gisella* avec 220, du Lloyd autrichien à Trieste avec 120 lampes, de l'Administration des postes et télégraphes à Budapest avec 540 lampes.

A Vienne ses machines alternatives (fig. 2) se présentaient sous la forme d'un cylindre garni à l'intérieur des bobines plates et dans lequel tournait un autre cylindre muni, extérieurement cette fois, de bobines analogues. Des fils de fer doux étaient enroulés sur l'enveloppe extérieure de la machine et faisaient armature renforçante. Cette disposition rappelle la machine Lontin et elle était d'ailleurs identique avec une ancienne machine brevetée jadis par MM. Siemens et qu'ils avaient exposée, sans doute pour faciliter la comparaison.

Les machines de ce genre exposées par la maison Ganz présentaient 3 types comprenant chacun différentes grandeurs : le type simple que nous venons de décrire et qui exige pour son fonctionnement une excitatrice séparée ; le type auto-excitateur dans lequel une petite machine, à courant continu est combinée avec la machine et enfin le type pour éclairage de navire qui comprend la machine et son excitatrice animées simultanément par un même moteur. C'est ce type que représente la fig. 2. L'excitatrice est du genre Siemens, le moteur est une machine à vapeur de Gwynne.

Des modèles de ce dernier type qui étaient exposés, l'un pouvait alimenter 60 lampes à incandescence de 20 candles ou une lampe à arc de 4 000 candles, en marchant à 750 tours ; sa machine était de 10 chevaux. L'autre marchant à 700 tours donnait 25 chevaux et alimentait 300 lampes de 20 candles.

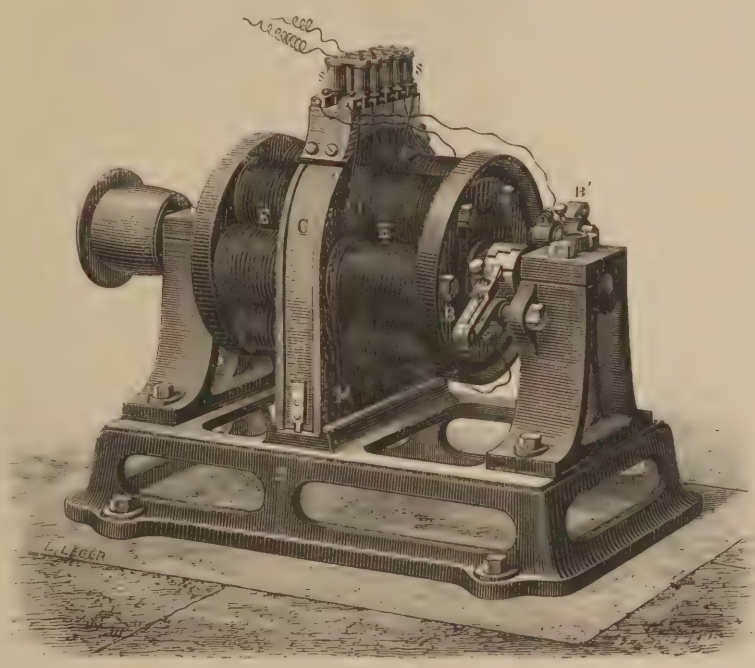


FIG. 1

L'exposition de MM. Ganz et Cᵉ était en outre remarquable par une machine de très grande dimension, destinée à alimenter 1 200 lampes à incandescence et qui éclairait le théâtre où se faisaient les conférences et les représentations de ballet. La figure 3 donne une idée de la grandeur de cette machine.

Les bobines induites placées à la circonférence extrême de la machine sont cachées par le bord circulaire du bâti ; elles sont fixes et devant elles tourne une roue portant les inducteurs. La même roue porte en outre l'anneau Gramme de la partie excitatrice de la machine. Celle-ci a pour inducteurs deux rangées circulaires d'aimants fixes dont les noyaux sont réunis par des épanouissements, de manière à former 4 pôles intérieurement et extérieurement à l'anneau.

Les balais de l'excitatrice sont montés sur un disque denté avec lequel engrène une vis sans fin ; on peut ainsi facilement modifier leur position e les placer au calage le plus convenable. En outre,

deux fortes vis, commandées par un engrenage puissant que l'on voit en avant de la figure, permet d'écarter du reste de la machine, en le faisant avancer sur deux guides, l'un des côtés du bâti. On sépare ainsi la partie mobile de la partie fixe et l'on peut facilement exécuter les réparations. L'appareil est actionné directement par un moteur à vapeur du type Compound.

La machine, très bien construite au point de vue mécanique par la *Prag Maschinen Action Gesellschaft*, ne paraît pas avoir donné au point de vue électrique les résultats qu'on en attendait. L'excitatrice même de la machine a dû être remplacée par une excitatrice séparée, et le nombre de lampes que devait alimenter la machine n'a pas été atteint. La différence de potentiels aux bornes de la machine était de 60 volts, l'intensité du courant de 1 400 ampères, et la résistance intérieure des induits de 0,0041 ohms. Le travail utile serait d'après cela de 112 chevaux.

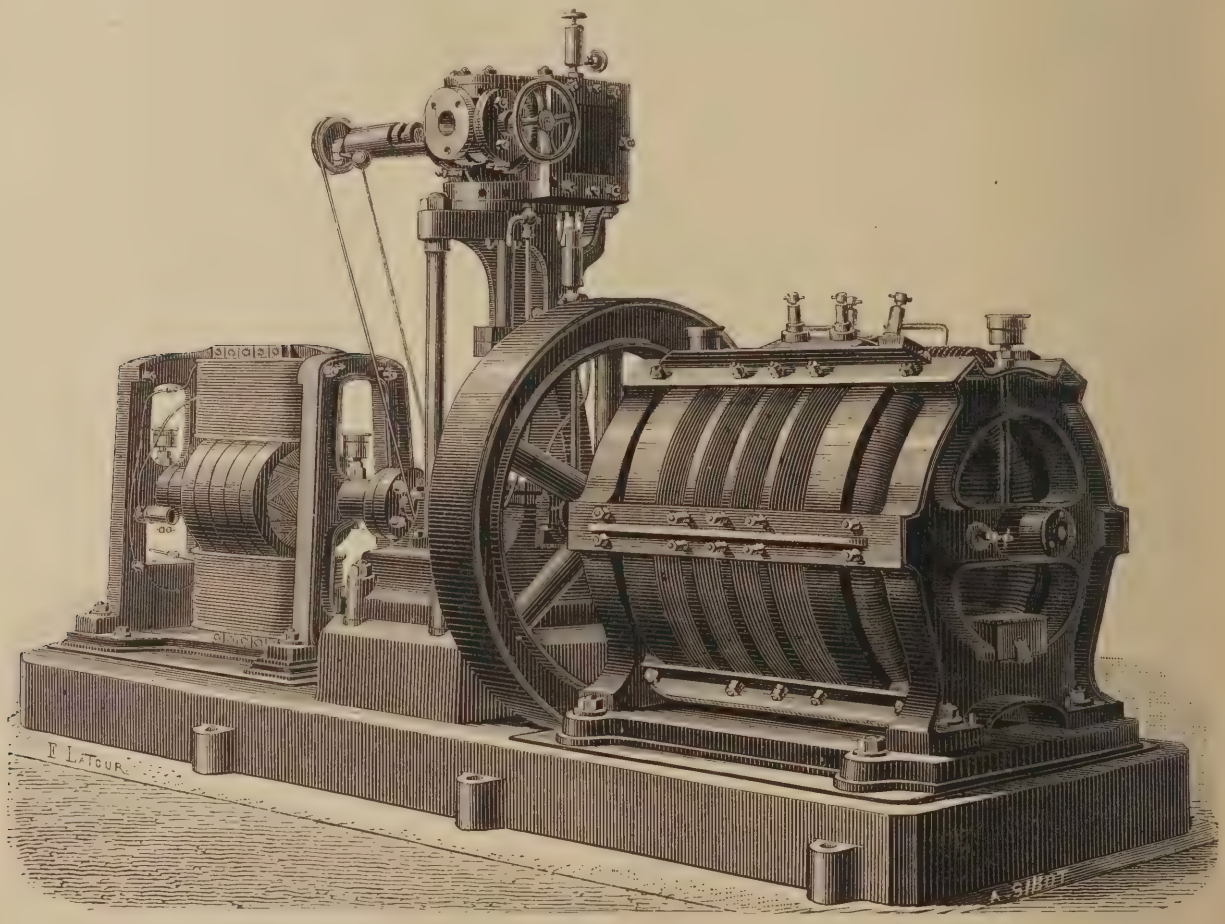


FIG. 2

Une autre machine alternative digne de remarque est celle de MM. Chertemps et Cᵉ, qui se rapproche beaucoup de la machine bien connue de Wilde, mais a, contrairement à celle-ci, les inducteurs mobiles et les induits fixes. Cette machine a déjà été décrite, lors de son apparition, dans *La Lumière Electrique*, et nous en avons alors donné le croquis que nous reproduisons (fig. 1). Les inducteurs sont montés sur deux plateaux de fer qu'entraîne l'axe de la machine; ils sont formés d'électro-aimants à pôles alternés et correspondant chacun, dans l'inducteur opposé, à un électro de nom contraire. L'induit se compose d'un plateau en bois ou autre matière non métallique dans lequel sont encastrées autant de bobines qu'il y a d'électros au système inducteur. Dans le premier type, la portée supérieure de l'induit comportait une série de petits électros; ceux-ci ont été supprimés et remplacés par de simples pièces de contact, auxquelles aboutissent les fils des électros induits et qui permettent de les grouper en tension ou en quantité, ou suivant une combinaison mixte quelconque.

Une des bobines induites est utilisée indépen-

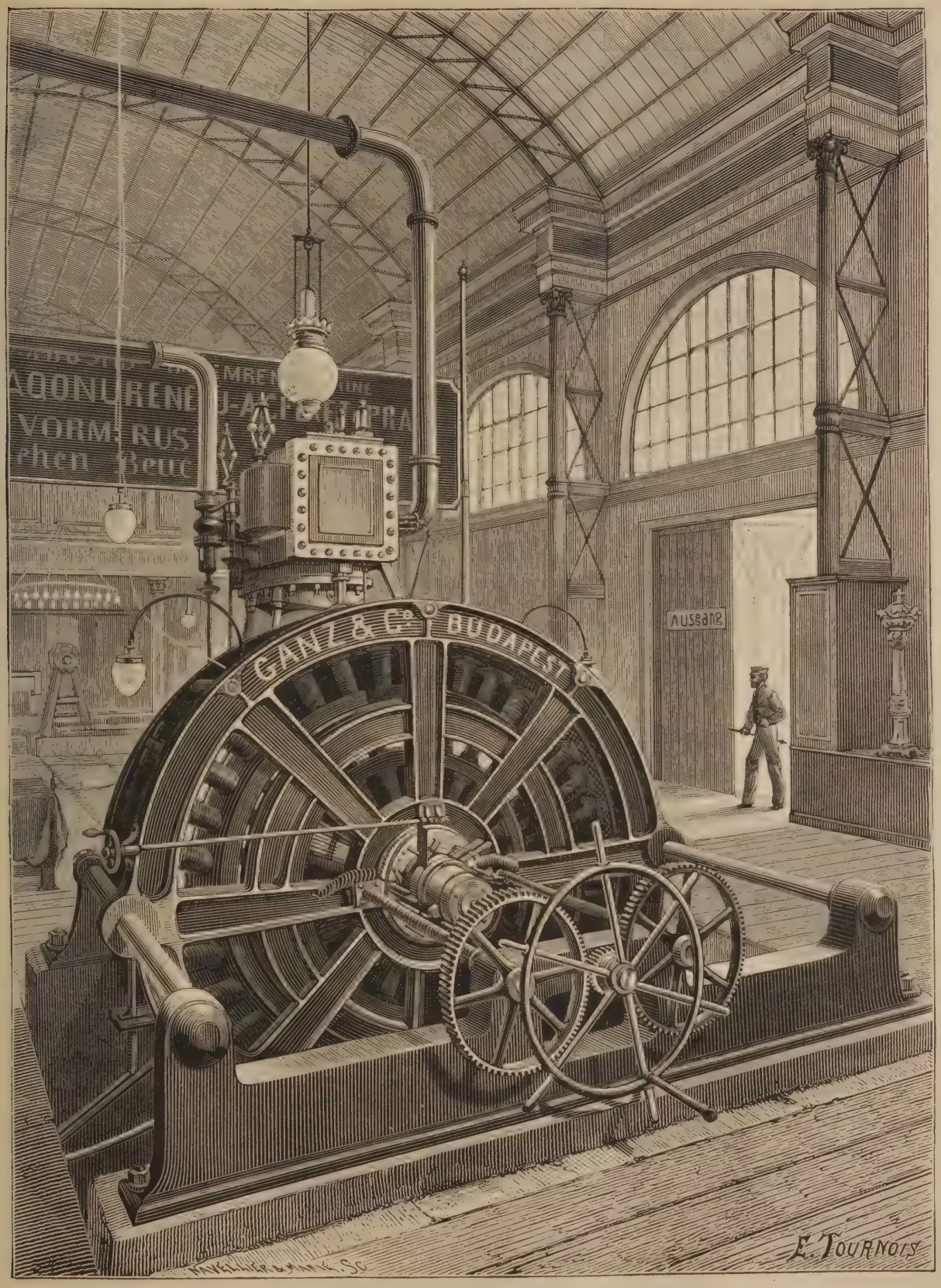


FIG. 3. — LA GRANDE MACHINE GANZ

damment des autres pour l'excitation des inducteurs, ses courants sont amenés à un commutateur qui les redresse et les envoie dans le circuit des inducteurs. De cette façon la machine est auto-excitatrice.

Le rendement de la machine Chertemps est assez élevé, relativement à son faible poids et à ses dimensions exiguës. Voici en effet les renseignements qui nous sont communiqués, relativement à ces machines pour les différents types :

NUMÉROS des machines	POIDS en kilog.	NOMBRE de tours de la machine	FORCE motrice maximum absorbée en chevaux	NOMBRE DE FOYERS alimentés	
				à arc	à incandescence
0	40	1250 à 1300	1 »	»	4
1	105	1250 à 1300	3,50	2	30
2	180	1150 à 1200	6,50	5	50
3	300	900 à 1000	8,00	6	70
4	400	700 à 800	11,00	8	100

La machine Chertemps, comme la machine Wilde et les machines auto-excitatrices analogues, jouit d'une sorte de réglage automatique qui fait que l'on peut utiliser tout ou partie du circuit extérieur sans avoir rien à charger à la marche de la machine ; la dépense se règle sur le travail demandé. Un autre avantage sur lequel les inventeurs appellent l'attention, est le montage des bobines induites dans un bloc non métallique, dans lequel il ne peut se produire des courants de Foucault, ce qui supprime une cause de perte de travail.

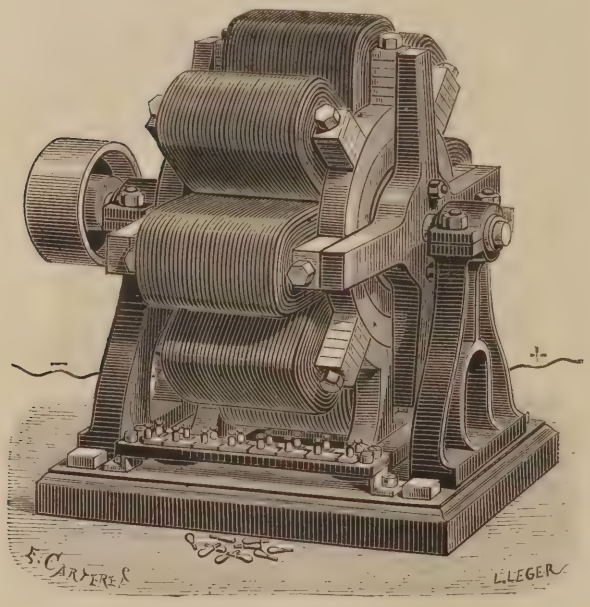


FIG. 4

En groupant en tension toutes les bobines de l'induit et les reliant au commutateur, MM. Chertemps et Cᵉ transforment leur appareil en une machine à courant continu, mais sous cette forme elle ne peut que présenter les inconvénients de toutes les machines à courants redressés.

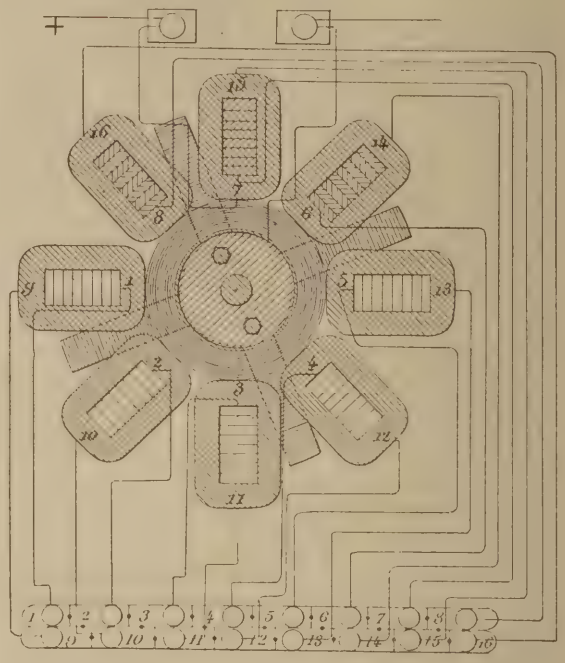


FIG. 5

Nous n'insisterons pas sur la machine à courants alternatifs de M. Gérard. Elle n'est qu'une simple transformation de l'alternative Siemens et ne présente rien de spécial.

Un autre appareil peut-être moins pratique, mais plus original au moins, est la machine alternative de M. Klimenko, de Kharkow (Russie). Elle est représentée en perspective par la figure 4 et schématiquement par la figure 5.

L'inducteur est formé par un gros électro-aimant ayant pour noyau l'axe même de la machine qui, à chacune de ses extremités, se termine par un fort épanouissement en forme de croix. Autour de l'électro-inducteur sont rangés les électros induits fixes.

Quand la machine est mise en mouvement, l'axe seul et les deux croix qui le terminent, tournent et par le passage des pôles partiels devant le noyau des induits déterminent la production des courants.

Les fils des bobines induites sont amenés, comme le montre la figure 5, à un appareil à chevilles qui permet de faire divers groupements ou d'utiliser les

circuits indépendamment les uns des autres. La machine doit, cela va de soi, être alimentée par une excitatrice séparée, mais il suffirait de l'adjonction d'un simple commutateur pour utiliser dans ce but l'une des bobines induites.

L'inventeur réclame comme avantages de sa machine :

1° La grande simplicité de ses organes ;

2° La grande vitesse que l'on peut donner à la partie mobile en raison de sa grande solidité ;

3° L'absence complète de collecteurs ;

4° Ce fait, qu'un petit intervalle est laissé entre le fil de l'inducteur et le noyau mobile, d'où il résulte que la chaleur qui se développe dans l'axe se communique moins facilement au fil.

Reste maintenant à savoir ce que peut produire cette machine. En juin 1883, quelques essais ont été faits à Paris dans les ateliers de la maison Breguet, par MM. Krouchkoll, Pascal et Golouletzki.

Voici les renseignements qu'ils nous ont communiqué à ce sujets.

« Toutes les bobines étant réunies en tension et la machine faisant 996 tours par minute, on alluma dans un seul circuit 8 bougies Jablochkoff de 15 à 18 carcels environ. Un électrodynamomètre Siemens placé dans le même circuit indiquait une intensité de cinq ampères. En remplaçant les bougies par une résistance équivalente, on obtint 65 ohms, ce qui donne pour chaque bougie une chute de potentiel de 41 volts. L'excitatrice fournissait l'électro-inducteur un courant de 16,5 ampères. »

Ces renseignements sont, on le voit, trop incomplets pour qu'on puisse en tirer une conclusion.

A Vienne, des expériences ont été faites avec la machine Klimenko, devant plusieurs savants éminents, elles ont été interrompues par un accident, mais la Commission scientifique a pu prendre quelques mesures qui viendront sans doute compléter nos renseignements. Nous savons déjà d'ailleurs que cette machine a fourni aux membres de la Commission l'occasion d'observer quelques faits intéressants.

Il va sans dire que les machines alternatives étaient encore représentées à Vienne par d'autres types bien connus et au sujet desquels on n'a plus depuis longtemps aucune particularité à signaler.

Les machines alternatives de Siemens et celles de Gramme étaient dignement représentées par de nombreux modèles dont un certain nombre en fonctionnement.

Quant aux machines à aimants permanents dont celles de M. de Meritens sont aujourd'hui le type le mieux construit, nous n'en avons vu aucune à Vienne. Leur application semble confinée aux phares français et à quelques phares anglais, et n'avoir pris aucune extension dans les autres pays.

(A suivre.) AUG. GUEROUT.

L'ÉLECTRICITÉ EN MÉDECINE

Troisième article. (*Voir les nos des 16 et 23 février 1884.*)

HISTOIRE ET PROCÉDÉS

III

FARADISATION

Lorsque parurent les travaux de Faraday sur l'induction, l'électrisation statique et la voltaïsation étaient à peu près aussi délaissées que la galvanisation ; non qu'on fût en droit de méconnaître les services qu'elles pouvaient rendre et qu'elles avaient rendus, mais simplement en raison des embarras que causaient aux médecins des difficultés d'ordre purement instrumental. Les découvertes de Faraday allaient provoquer la création d'un nouveau matériel, celui-ci plus maniable, et remettre à l'ordre du jour la question des applications médicales de l'électricité.

En 1831, Masson construisit un appareil qui permettait de faire servir aux usages médicaux les courants d'induction voltaïque ; vers la même époque, Pixii rendait maniables pour nous les courants magnéto-électriques. Cependant les appareils d'induction ne rappellent que lentement l'attention sur l'électricité : les travaux de Martinet, d'Andrieux, passent à peu près inaperçus ; il faut arriver à ceux de Duchenne pour voir l'emploi de la faradisation mis au-dessus des caprices de la mode.

On sait que les appareils d'induction sont de deux sortes : dans les uns, appelés par Duchenne *volta-faradiques*, la source inductrice est un moteur voltaïque ; dans les autres, qu'il appela *magnéto-faradiques*, l'induction est due au mouvement relatif d'un aimant permanent et d'une armature de fer doux. Les actions de ces deux ordres d'instruments diffèrent assez pour devoir être examinées séparément.

Dans les appareils *volta-faradiques*, l'induction est produite par la fermeture et la rupture alternatives du circuit d'un courant agissant sur un circuit voisin, et aussi sur un faisceau de fer doux placé dans son axe. C'est surtout aux vicissitudes magnétiques de cet électro-aimant que sont dues les actions inductrices qu'on utilise. La fermeture et la rupture alternatives du circuit inducteur sont enfin réglées automatiquement par le marteau interrupteur de Neef, auquel ont été substitués, plus tard, en vue d'obtenir des intermittences à volonté rares ou fréquentes, divers mécanismes dont les plus satisfaisants sont dus aux Gaiffe et à Trouvé.

Dans tous ces appareils, la commodité de cher-

cher l'énergie initiale nécessaire dans un premier moteur aussi simple que possible a conduit à fermer le courant d'une pile d'un ou de deux couples sur un fil peu résistant, qui peut ainsi fournir des extra-courants de tension peu considérable et de quantité appréciable. Par contre, on superpose à ce gros fil une bobine de fil long et fin, qui donne des courants induits de haute tension, mais de très faible quantité.

Etant donnée cette construction, universellement adoptée pour les appareils de la pratique médicale, on a vu que les réactions sur la sensibilité et la motricité étaient différentes, suivant qu'elles étaient provoquées par les courants de la première ou de la seconde bobine. Duchenne attribua ces différences à ce que les courants de la première bobine, des extra-courants, pouvaient être considérés comme de direction constante, les extra-courants de fermeture étant négligeables ; tandis que les courants de la seconde bobine étaient de directions alternantes. Ces deux ordres de courants différant l'un de l'autre par d'autres conditions que celles en rapport avec leur direction, je me demandai si ce n'était pas plutôt à l'une de ces conditions, à leur différence de tension notamment, qu'étaient dues les variations de réactions bien observées et bien décrites par Duchenne. L'épreuve directe, faite avec un appareil que je construisis en vue de faciliter les comparaisons, appareil dans lequel chacune des bobines pouvait jouer à volonté le rôle de circuit inducteur ou de circuit induit, — l'inducteur à gros fil étant actionné par un seul couple peu résistant, et l'inducteur à fil fin par une pile de 60 petits couples au sulfate de plomb, — sembla donner raison à mon hypothèse. Sans croire donc que la question de constance ou d'alternance de direction puisse être, dès à présent, déclarée tout à fait indifférente, je crois pouvoir affirmer que les différences de forme des réactions sont, une part étant réservée à l'intensité, surtout en rapport avec les différences de tension des courants.

Enfin, de nombreuses épreuves m'amenèrent à conclure qu'à énergie égale, la contractilité musculaire était surtout sollicitée par la prédominance de la quantité, tandis que les aptitudes nerveuses, motrices aussi bien que sensitives, étaient surtout influencées par la tension.

Il était indiqué dès lors de pouvoir soumettre à l'énergie inductrice de l'électro-aimant des circuits de longueurs variées, en rapport avec les réactions thérapeutiques visées. Ces circuits pouvant être indifféremment inducteurs ou induits, il devenait avantageux de les prendre induits, en raison des facilités de graduation qui découlaient alors de leur mobilité possible. J'ai eu la satisfaction de voir l'appareil que j'ai fait construire sur ces données en vue des applications cliniques, prendre place dans tous les laboratoires de physiologie. Il y aura lieu, pour les besoins ultérieurs des études électrophysiologiques, de substituer une graduation absolue à sa graduation arbitraire : on a pu voir, à l'Exposition de 1881, une première solution de ce problème difficile due à MM. d'Arsonval et Gaiffe.

La soudaineté des interruptions, dans les appareils volta-faradiques, les rend plus propres qu'aucuns autres à la pratique de l'électrisation variable.

Cette condition est, en effet, moins réalisable dans les appareils magnéto-faradiques.

Ici, l'induction a sa source dans les modifications de l'état magnétique d'une armature de fer doux et d'un aimant permanent qu'on fait mouvoir en regard l'un de l'autre, modifications qui ne sont plus instantanées, mais progressives. La variation d'état est donc oscillante; et c'est au jeu d'un commutateur qui ne laisse recueillir les courants que pendant un court instant à cheval sur le moment de leur énergie maxima, qu'on doit d'en pouvoir manifester les effets dits physiologiques, c'est-à-dire les effets sur la contractilité et la neurilité.

Les aimantations successives sont, dans ces appareils, de polarités alternantes, d'où les courants induits de directions alternativement renversées. Le jeu d'un commutateur spécial pourrait redresser l'un des courants de manière à faire donner à ces machines des courants successifs de même direction; on n'en a pas reconnu l'utilité, et ce dispositif n'a pas été adopté.

Les appareils magnéto-faradiques sont, en somme, inférieurs aux appareils volta-faradiques pour provoquer les réactions de l'état variable. Néanmoins, la facilité de les avoir toujours prêts à fonctionner les rend utiles dans quelques circonstances spéciales, dans les boîtes de secours par exemple, et aussi dans la trousse de l'accoucheur.

C'est avec les appareils volta-faradiques qu'on pratique la faradisation toutes les fois qu'on est maître de son outillage. Les procédés d'application restent toutefois les mêmes lorsque c'est d'un appareil magnéto-faradique qu'on dispose.

Suivant qu'on se propose de faire pénétrer les courants dans les couches profondes, d'atteindre les muscles ou les troncs nerveux, ou qu'on n'a en vue qu'une action superficielle, on pratique la faradisation avec des excitateurs mouillés ou avec des excitateurs secs.

A la faradisation pénétrante se rattachent les faradisations viscérales qui se font cependant avec des excitateurs métalliques. L'inconvénient, auquel on aurait pu croire tout d'abord, de provoquer de vives douleurs, n'existe pas ou existe à peine : ces applications sont infiniment moins sensibles dans

la profondeur des cavités muqueuses qu'au niveau de la peau.

Dans les cas où la faradisation pénétrante a pour but d'agir sur les muscles pour les faire contracter, elle se pratique avec les courants de tensions relativement faibles des bobines à gros fil.

Quand on veut surtout agir sur les troncs nerveux, on emploie les courants de moins de quantité, mais de plus de tension des bobines à fil moyen.

L'usage des bobines à fil fin doit être réservé pour la faradisation *sèche* ou superficielle, presque exclusivement employée à produire des révulsions. Pour localiser autant que possible l'action des courants dans un territoire cutané déterminé, on dessèche préalablement la peau, si besoin est, et l'on agit ensuite sur elle avec des excitateurs secs en forme de pinceau métallique, de brosse, de peigne, les deux rhéophores aboutissant à des excitateurs maintenus voisins l'un de l'autre ou réunis sur un même manche.

LES PARALYSIES ET LEUR DIAGNOSTIC

C'est au traitement des paralysies du mouvement que furent d'abord appliquées les excitations de l'état électrique variable : il devait paraître indiqué de solliciter un ordre d'actions qui faisait défaut par les moyens qui l'éveillent chez le sujet sain. Or ces pratiques qui, pour beaucoup de médecins, représentent encore tout le champ de l'électrothérapie, ont perdu beaucoup des mérites qu'on leur attribuait ; mais en même temps que se trouvait très amoindri le dogme de leur spécificité, le champ de leurs indications se précisait. L'excitation électrique variable n'est plus le « médicament des paralysies, » mais elle n'en rend que des services plus sûrs dans certains types de défaillances fonctionnelles. Il reste à déterminer quelles sont ces formes justiciables de l'excitation artificielle ; là encore l'électricité sera d'un grand secours.

Sur ce terrain, c'est aux recherches physiologiques qu'il appartenait de montrer la route à suivre.

On sait que les organes immédiats du mouvement sont les muscles ; que l'excitation à se contracter leur est envoyée par les nerfs moteurs ; que les raisons d'agir sont puisées à la périphérie par les nerfs sensitifs ; enfin qu'une masse nerveuse centrale, renfermée dans le crâne et dans le canal vertébral, reçoit les sensations et les transforme en excitations motrices, servant ainsi de lien entre l'appareil sensitif et l'appareil incito-moteur.

Lorsqu'on coupe le cordon nerveux qui fait communiquer la masse centrale avec une région quelconque, avec un membre, par exemple, on abolit dans ce membre tout mouvement et toute sensibilité, le privant à la fois du moyen de transmettre au centre l'impression des actions exercées sur lui, et de l'excitation motrice qui lui arrivait de ce centre. Le cordon qu'on a coupé contenait, en effet, accolés les uns aux autres, mais non confondus, et les filets sensitifs et les filets moteurs.

Le membre ainsi séparé du centre nerveux reste immobile, *paralysé*. Les sollicitations de l'état électrique variable, portées sur le bout périphérique du cordon nerveux coupé, ou même directement sur les muscles, peuvent bien encore y provoquer des mouvements ; mais ces mouvements ne s'observent qu'à une époque rapprochée du moment de l'opération : au bout de quelques jours, on n'obtient plus rien, soit qu'on agisse sur les nerfs, soit qu'on agisse sur les muscles.

Les choses ne se passent plus de même lorsque, au lieu d'agir sur un nerf, on agit sur la moelle épinière, la divisant transversalement de manière à soustraire simplement à l'influence possible du cerveau les parties du corps qui reçoivent leurs nerfs de la portion de la moelle située au-dessous de la section. Dans ce cas encore, la partie inférieure du corps se montre immobile. Toutefois, incapable de mouvements volontaires ou spontanes, elle tressaille et se déplace lorsqu'une sollicitation extérieure vient agir sur elle. De plus, si l'animal survit assez longtemps à l'opération, on peut constater la persistance de ces mouvements involontaires et de la faculté qu'ont les nerfs et les muscles de donner des mouvements lorsqu'on vient à les exciter.

La comparaison des phénomènes observés dans les deux cas a suggéré à Marshall Hall les vues les plus ingénieuses, les conclusions les plus fécondes. Des faits qui viennent d'être exposés, Marshall Hall conclut que la communication entre les nerfs sensitifs centripètes et les nerfs moteurs centrifuges est double ; que ces nerfs sont reliés entre eux par une *voie cérébrale*, agent intermédiaire des phénomènes volontaires et conscients, et par une *voie spinale*, simple agent de transmission des excitations qui provoquent les mouvements involontaires, inconscients, auxquels il a donné le nom de mouvements *réflexes*.

Dans notre seconde expérience, alors qu'on a coupé transversalement la moelle épinière, il y a *paralysie cérébrale* des parties inférieures à la section, c'est-à-dire soustraction, pour ces parties, de l'influence cérebrale, volontaire, consciente ; mais les mouvements réflexes sont conservés, les nerfs sont demeurés intacts et excitables, les muscles continuent à se nourrir et sont toujours contractiles.

Dans la première expérience, après la section du

nerf, les parties auxquelles se distribue son bout périphérique ont perdu leurs rapports, non seulement avec le cerveau, mais encore avec la moelle épinière : tout mouvement, réflexe aussi bien que volontaire, y est aboli; de plus, les organes du mouvement, nerfs et muscles, s'atrophient au bout d'un temps peu considérable. Ces lésions de nutrition, que n'entraînait pas la paralysie cérébrale, ne sauraient être imputées qu'à la soustraction de l'influence spinale; elles sont caractéristiques des paralysies qui reconnaissent cette dernière cause, et pour lesquelles Marshal Hall a proposé le nom de *paralysies spinales*.

Les expériences que je viens de rappeler sont très nettes, ont une portée bien définie, et la classification dont Marshall Hall y a puisé les arguments est à coup sûr très rationnelle et tirée des entrailles même du sujet. La légitimité de cette classification a été cependant contestée partout par les médecins. Les contradictions naissaient-elles d'une notion plus exacte de la complication des phénomènes par l'adjonction de conditions qui échapperaient au vulgaire? — Il n'en est rien : la divergence, profonde, capitale, tient à un malentendu qui n'accuse que le défaut d'esprit scientifique qu'on apporte trop souvent dans les controverses médicales. Exclusivement préoccupés de la forme, les anatomistes ont, pour la commodité des descriptions, divisé le centre nerveux en deux parties situées, l'une dans le crâne, l'autre dans le canal vertébral. Il n'est pas besoin d'insister sur ce que cette séparation a d'artificiel; mais les anatomistes ont fait et font encore un peu l'éducation des médecins : aussi ceux-ci n'hésitent-ils pas à regarder comme synonymes *cérébral* et *encéphalique*, *spinal* et *intra rachidien*.

Or, ce n'est pas là le langage que parle Marshall Hall. Préoccupé avant tout, et à juste titre, de la fonction, de l'usage des parties, il a constaté que deux voies font communiquer les extrémités terminales des nerfs sensitifs avec les extrémités initiales des nerfs moteurs; à l'une, il a donné le nom de voie *cérébrale*, à l'autre, le nom de voie *spinale* ou *diastaltique*. Tout en reconnaissant qu'il a laissé aux tentatives ultérieures de la physiologie expérimentale le soin de localiser anatomiquement ces deux voies, on doit constater qu'il a établi avec une admirable clairvoyance la donnée qui devra guider dans ces recherches. S'il n'a pas été généralement compris des médecins, c'est que la pathologie de ceux-ci se fondait sur les fictions pédagogiques d'une anatomie exclusivement descriptive, au lieu de se baser sur les données de la physiologie.

Marshall Hall nous a donc appris que *dans les paralysies cérébrales*, c'est-à-dire dans celles où les parties paralysées sont soustraites à l'influence cérébrale, volontaire, les mouvements réflexes sont conservés, souvent même exagérés au moins momentanément; que *la contractilité musculaire, interrogée avec la faradisation, y est intacte ou exagérée*.

On a pu ainsi déterminer la nature *cérébrale* des paralysies par *tumeur, hémorrhagie ou ramollissement cérébral* (Marshall Hall), de la *paralysie générale des aliénés* (Duchenne et Brierre de Boismont), de quelques rares *paralysies générales sans aliénation* encore mal définies cliniquement (Duchenne), de la paralysie des membres dans la *paralysie alterne* (Duchenne), de la *paralysie glosso-labio-pharyngée* (Duchenne), de certaines paralysies par *compression* de la moelle (Duchenne), des *paralysies diphtéritiques* (Duchenne), des *paralysies syphilitiques* (Tripier).

Dans les *paralysies spinales*, où les parties paralysées sont soustraites à l'influence du centre spinal, et où la motricité réflexe est, aussi bien que la motricité volontaire, amoindrie ou abolie, *la contractilité musculaire, interrogée avec les courants volta-faradiques, se montre diminuée ou perdue*.

On a pu ainsi déterminer la nature *spinale* des *paralysies par lésions traumatiques de la moelle ou des nerfs moteurs* (Marshall Hall), du plus grand nombre des *paralysies progressives sans aliénation* (Duchenne), de certaines variétés, encore mal définies, et comprises sous le nom générique de *paralysies spinales*, de la forme de ces dernières dite *atrophique graisseuse de l'enfance* (Duchenne), de la *paralysie saturnine* (Duchenne), de la paralysie consécutive à *l'empoisonnement par l'oxyde de carbone* (Tripier), de l'*hémiplégie faciale rhumatismale* (Duchenne), des *paralysies consécutives aux fièvres continues ou éruptives* (Duchenne).

La nature cérébrale ou spinale des paralysies *rhumatismales*, *alcooliques* et *hystériques* n'est pas encore déterminée. La raison n'en doit pas être attribuée à ce qu'elles se présenteraient avec des caractères variables, mais à l'incertitude que laisse, dans nombre de cas, leur diagnostic clinique. Je crois cérébrales les paralysies hystériques et alcooliques, et spinales les paralysies rhumatismales.

Quel parti maintenant tirera-t-on, en présence d'un paralytique, de la connaissance des rapports qui existent entre le siège des lésions nerveuses et l'état de la contractilité musculaire? — Une notion approximative du siège de la lésion qui cause la paralysie. Suivant que la contractilité musculaire, interrogée à l'aide des excitations électriques, se montre conservée ou abolie, on a affaire à une paralysie cérébrale ou à une paralysie spinale. Or, bien que l'organe cérébral et l'organe spinal ne soient pas exclusivement situés, l'un dans la boîte crânienne, l'autre dans la colonne

vertébrale, cette première donnée, rapprochée des autres circonstances de la maladie, commémoratifs, symptômes étrangers, ordre de succession et localisation de ceux-ci, permettra souvent, sinon de se faire une idée nette du désordre qui cause les accidents, du moins d'arriver à écarter les hypothèses qui pourraient conduire à négliger le recours à des modificateurs utiles, ou à décider une médication intempestive. Qu'à la suite d'une affection diphtéritique, par exemple, un membre se montre inerte : l'interrogation de la contractilité par les courants d'induction montre qu'on a affaire à une paralysie cérébrale. On est dès lors sans crainte immédiate à l'endroit des nerfs moteurs et des muscles de ce membre ; et l'on pourra non seulement négliger, mais repousser l'emploi prématuré des moyens qui, destinés à provoquer des mouvements dans le membre inerte, sont sans objet actuel, et qui pourraient, par contre, affecter d'une manière fâcheuse le centre ou l'appareil sensitif seuls en cause.

Je ne m'étendrai pas ici sur les travaux d'ordre expérimental dans lesquels la question des paralysies traumatiques a été soumise à une analyse rigoureuse ; il me suffira de rappeler que les physiologistes ont soigneusement étudié les altérations consécutives à la section des nerfs et à la guérison spontanée de ces traumatismes. Après la section d'un nerf mixte, il y a paralysie du mouvement et du sentiment dans les parties auxquelles se distribue ce nerf ; bientôt le bout périphérique du nerf coupé se détruit inévitablement ; les muscles de la région paralysée s'atrophient quoi qu'on fasse. Puis, arrive la période de réparation : de nouveaux éléments nerveux se reforment sur place ; les muscles reparaissent, les instruments de la fonction sont restaurés.

Que conclure de là ? — Qu'à une époque rapprochée de la section du nerf, il n'y a pas lieu de demander aux sollicitations de l'état électrique variable le réveil d'une fonction dont les instruments font défaut ; que l'insuccès d'un traitement prématuré, intempestif, ne doit pas faire condamner une situation qui tend tous les jours à changer ; enfin, qu'au bout d'un temps suffisamment long, alors que les organes seront restaurés, la sollicitation de la fonction pourra être tentée utilement, et donner très promptement les résultats les plus satisfaisants.

Deux phases bien distinctes s'observent dans la guérison d'une paralysie traumatique. Pendant la première, la nature fait les frais de la réparation des organes ; nous ne pouvons l'y aider qu'indirectement, en maintenant l'état général du sujet aussi satisfaisant que possible. Pendant la seconde, qui doit amener le rétablissement de la fonction, l'intervention directe devient utile.

Mais comment juger de l'état des choses au moment où l'on commence à observer ? L'histoire de l'accident fournit une notion approximative de l'étendue des désordres ; le temps écoulé depuis donne une idée des chances actuelles de réparation ; enfin, l'épreuve d'un très petit nombre d'applications électriques achèvera de renseigner. Quand le moment d'agir est venu, le succès est rapide ; s'il en était autrement, on devrait simplement ajourner des tentatives auxquelles il n'y a pas lieu de renoncer.

Je me suis étendu un peu longuement sur les paralysies traumatiques des nerfs ou de la moelle épinière, parce qu'elles nous offrent le type des paralysies expérimentales ; parce qu'elles présentent une simplicité et une netteté de lésion initiale qui permettent d'en analyser les phénomènes. Les détails dans lesquels j'ai dû entrer à leur sujet me permettront de glisser rapidement sur les paralysies spontanées ou de cause interne. Celles-ci reconnaissent forcément pour cause une lésion qui ne peut être, au fond, qu'une forme différente de traumatisme. Suivant leur siège, elles sont cérébrales ou spinales ; suivant la nature de la lésion, curables ou incurables. Si la lésion d'où dépend la paralysie est irréparable, on ne peut songer à voir se rétablir la fonction. Si cette lésion est réparable, on est en droit d'attendre, après la restauration du tissu nerveux, le retour de la fonction. Quand celui-ci n'a pas lieu spontanément, les excitations de l'état électrique variable suffisent à l'amener. Mais il est clair qu'on doit s'abstenir de ce mode d'intervention pendant les périodes progressive ou d'état de l'affection organique d'où dépend la paralysie. Enfin, au point de vue du traitement, les paralysies de cause interne diffèrent des paralysies traumatiques en ce que divers moyens thérapeutiques ont quelquefois prise sur leur cause : un traitement médical, dans lequel certaines pratiques électro-thérapiques tiendront souvent une place importante, est généralement utile, durant la première phase, pour réaliser les conditions qui rendron ensuite opportune l'intervention directe des excitations de la faradisation, ou, d'une manière générale, de l'électrisation variable.

Bien que je ne veuille pas faire ici de pathologie, je ne saurais abandonner la question des paralysies du mouvement sans indiquer un point de leur histoire sur lequel de nouvelles études devront être entreprises.

Je n'ai parlé jusqu'ici que des paralysies du mouvement qui reconnaissent pour cause une lésion nerveuse ; or, on doit se demander s'il n'en est pas d'autres, si, le système nerveux restant intact, des paralysies du mouvement ne pourraient pas reconnaître pour cause une lésion musculaire ?

Cette question avait toujours été résolue par

l'affirmative, lorsque, recherchant dans les observations publiées comme exemples de paralysies musculaires, quels pouvaient être les caractères de semblables affections, je me suis trouvé amené à conclure que la paralysie musculaire primitive aiguë, causant immédiatement la mort par arrêt du cœur, n'a encore été observée ou démontrée que par les vivisecteurs, mais que jamais on ne l'a rencontrée chez des malades; que, dans les observations données comme exemples de paralysies musculaires, l'affection musculaire était toujours consécutive, et sous la dépendance d'une lésion nerveuse. Ces conclusions ne sauraient être que provisoires et en rapport avec l'état actuel de la science. On comprendra toutefois qu'il n'y ait pas lieu de se préoccuper de la thérapeutique d'affections dont l'existence n'est pas encore démontrée.

Cérébrales ou spinales, les paralysies sont complètes ou incomplètes.

Dans les paralysies complètes, la distinction est facile entre l'affection cérébrale, où la contractilité interrogée avec les courants d'induction se montre intacte ou même exaltée, et l'affection spinale, où cette propriété musculaire est abolie.

Mais dans les paralysies incomplètes, dans les paralysies spinales spécialement, il se présente des nuances d'autant plus délicates à apprécier que d'une part, la portée des lésions pathologiques est extrêmement variable, absolument et relativement à la période de la maladie où se fait l'observation, et que, d'autre part, les courants d'induction de la pratique médicale, seuls employés jusqu'ici pour interroger les propriétés musculaires et la motricité, sont un réactif insuffisant pour fournir tous les renseignements désirables.

Vraie dans les conditions où elle a été formulée, la loi de Marshall Hall comporte des amendements qui permettront d'accroître les contributions de l'investigation électrique au diagnostic et au pronostic des paralysies. Avant de formuler ces amendements, je me permettrai une digression qui leur est une introduction nécessaire.

Dans le cas où l'une des deux voies, cérébrale ou spinale, qui relient la périphérie sensitive à la périphérie motrice, éprouve une solution de continuité par suite d'une affection centrale, les actions dont l'autre voie est le siège se manifestent avec une énergie excessive. Marshall Hall l'avait vu pour les paralysies cérébrales, et avait avancé que dans ces paralysies la contractilité était augmentée. L'observation de quelques faits pathologiques m'a conduit à professer qu'un phénomène réciproque se produit dans certaines paralysies spinales; que le cerveau devient alors capable d'une activité anormale, se traduisant notamment par l'absence du besoin de sommeil. Dans des termes plus généraux, ces observations tendent à établir que lorsqu'un organe est assez sain pour conserver ses aptitudes fonctionnelles, l'autonomie que lui crée la suppression des organes qui dans les conditions physiologiques normales ont pour rôle de mettre en jeu ces aptitudes, ou de leur servir de frein, les exagère au point de les montrer excessives à l'observateur qui les interroge avec des réactifs convenables.

Dans une paralysie cérébrale, le nerf moteur est intact; le système isolé par la maladie est donc constitué par le nerf moteur et le muscle. L'autonomie commence au nerf moteur, dont les aptitudes exagérées se traduisent, et par des réactions plus vives lorsqu'on l'interroge directement, et par une domination plus forte exercée sur le muscle, qu'il tient dans une dépendance plus étroite de son fonctionnement propre, le soustrayant, dans une mesure équivalente, à l'action des excitants qui dans les circonstances normales auraient sur lui de l'empire.

Dans les paralysies spinales, le nerf moteur est lésé, au moins dans ses origines; le système autonome est réduit au muscle. Celui-ci, peu sensible alors à l'action des réactifs qui le faisaient contracter en agissant sur le nerf moteur, devient beaucoup plus sensible à l'action des excitants qui s'adressent plus spécialement à lui, à l'action des excitants de la contractilité.

C'est à l'occasion des réactions fournies par l'interrogation électrique des parties paralysées que j'ai pris les conclusions dont je viens d'exposer les données préliminaires.

Les auteurs allemands qui s'occupent des applications de l'électricité à la médecine avaient vu que, dans quelques paralysies, des muscles réfractaires à l'action des courants d'induction fournis par les appareils usuels se contractaient, quelquefois énergiquement, sous l'influence des interruptions de courant d'une pile voltaïque. D'où ils avaient conclu, en gens plus pratiquants que raisonnants, que l'électricité voltaïque était d'une autre essence que l'électricité d'induction, et qu'elle avait une valeur thérapeutique bien supérieure. Mais laissons là cette conclusion qui n'eut peut-être jamais qu'un objectif commercial.

Partant de la diversité des modes de répartition des composantes de l'énergie dans les piles et dans les appareils d'induction, des données de physiologie pathologique qui viennent d'être rappelées, les rapprochant des faits apportés par les auteurs allemands, d'autres faits oubliés et de quelques observations nouvelles, je me suis trouvé conduit à d'autres conclusions:

Quelle que soit leur origine, les courants électriques agissent, dans leurs variations d'état, sur la *contractilité*, propriété musculaire, en raison sur-

tout de leur *intensité*, et sur les propriétés *nerveuses (motricité et sensibilité)* en raison surtout de leur *tension*.

Les différences entre les réactions ainsi provoquées, moins apparentes et plus difficiles à interpréter lorsqu'on observe chez un sujet sain, où le muscle indirectement sollicité donne surtout les réactions du nerf, sont mises en évidence et bien caractérisées par l'analyse que réalisent certaines conditions pathologiques en rendant leur autonomie à des organes qu'il devient ainsi possible d'observer à l'état d'isolement.

Les paralysies dans lesquelles on a vu des courants voltaïques, courants de quantité, faire contracter des muscles rebelles aux courants induits, courants de tension, devaient appartenir à la classe des paralysies spinales. C'est, en effet, ce qui avait lieu. J'affirmais, de plus, que toutes les paralysies spinales incomplètes seraient trouvées dans ce cas; que dans toutes, lorsque le muscle est encore intact ou s'est rétabli, les courants de tension, réactifs du nerf, sont sans effet ou sans grand effet, tandis que les courants de quantité, réactifs du muscle, déterminent des réactions plus énergiques qu'à l'état normal.

Les vues théoriques qui m'avaient conduit à formuler cette loi générale, dont les quelques faits de paralysies spinales auxquels j'ai fait allusion plus haut n'étaient que des cas particuliers, pouvaient trouver une nouvelle confirmation dans leur application à l'interprétation de ce qui s'observe dans les paralysies cérébrales. J'ai constaté, en effet, qu'ainsi que la théorie m'avait permis de le prévoir, les manifestations réactionnelles, excessives dans ces paralysies pour les excitations qui s'adressent au nerf moteur, pour les excitations de haute tension, sont très amoindries pour celles qui s'adressent au muscle, pour les excitations de quantité sans tension.

La loi de Marshall Hall doit donc être ainsi modifiée : *Les aptitudes motrices musculaires et nerveuses, conservées dans les paralysies cérébrales, y sont surtout mises en évidence par les excitations de haute tension ; tandis que le degré de persistance ou de restauration des aptitudes musculaires dans les paralysies spinales est surtout révélé par l'application des excitations de quantité.*

Les explorations dont le plan découle de ces conclusions permettront donc désormais, non seulement de déterminer la caractéristique cérébrale ou spinale d'une paralysie donnée, mais encore d'établir quelle est sa marche, progressive ou régressive, dans nombre de cas où ce renseignement prend une haute importance.

(A suivre.) Dr A. Tripier.

CHRONIQUE DE L'ÉTRANGER

Correspondances spéciales

Angleterre

INDICATEURS D'INTENSITÉ ET DE POTENTIELS. — Jeudi soir, le 14 février, M. R.-E. Crompton, l'électricien bien connu, a fait une conférence fort intéressante à la *Society of Telegraph Engineers and Electricians* sur quelques instruments nouveaux pour mesurer l'intensité en ampères et la différence de potentiels en volts dans les circuits à lumière électrique. Ces instruments ont été inventés par MM. Crompton et Gisbert Kapp, qui leur ont donné le nom d'*indicateurs*, parce qu'ils peuvent rester dans le circuit, s'il le faut, pendant le travail de la dynamo ou pendant la décharge des accumulateurs.

Après la conférence de M. Crompton, une discussion, encore plus intéressante, a fait ressortir plusieurs faits très utiles.

L'expérience a démontré que les appareils de mesure de l'intensité dans les circuits d'éclairage sont sujets à des dérangements lorsqu'ils ont un aimant permanent pour diriger l'aiguille. Les ampèremètres et voltmètres des professeurs *Ayrton* et *Perry*, qui sont très commodes pour un travail ordinaire, varient parfois dans leurs indications à cause des changements du magnétisme de l'aimant en fer à cheval.

Les inventeurs ont attribué ce fait en grande partie à l'habitude d'enlever et de remettre l'armature en fer doux dont le but était de conserver sa puissance à l'aimant. Sir *William Thomson* a exprimé l'opinion qu'il ne fallait pas employer des armatures de ce genre pour les appareils de mesure, et il ne s'en sert pas pour ses galvanomètres gradués. De plus, les expériences du professeur Silvanus P. Thompson, de Bristol, ont fourni la preuve directe de ce fait que la puissance de l'aimant s'accroît quand on retire l'armature, et diminue quand on la replace.

Ce résultat est conforme à la théorie, puisque les courants créés dans l'aimant en retirant l'armature tendraient à résister au mouvement.

Il s'ensuit qu'en retirant et replaçant l'armature en fer doux dans l'emploi journalier de l'appareil on est loin de contribuer à maintenir constante la puissance de l'aimant, et qu'il vaut mieux éviter l'emploi de ces armatures. Quant à l'aimant même, M. le professeur D.-E. Hughes, qui fait autorité dans la question, recommande de bien le marteelr après l'avoir magnétisé pour éloigner tout magnétisme temporaire rémanent dans le barreau et y laisser un résidu de magnétisme permanent qui, selon ses expériences, demeure pratiquement constant.

Quelques appareils de mesure ont encore l'inconvénient de ne pas pouvoir fonctionner près d'une machine dynamo, par exemple dans une station centrale de lumière électrique ou dans une fabrique de dynamos. Pendant plus d'une année, le Dr J. Hopkinson s'est servi des galvanomètres gradués de sir William Thomson avec des résultats très satisfaisants; mais ils ont le défaut de se laisser déranger par le voisinage d'une force magnétique puissante, un défaut qu'il pense pouvoir corriger en employant une aiguille astatique avec un autre mode de suspension. L'électrodynamomètre de Siemens présente ce même inconvénient, qui, dans certaines circonstances, est très grave. Nous apprenons que les professeurs Ayrton et Perry ont essayé de surmonter la difficulté en renfermant leurs instruments dans une boîte en fer doux formant comme un écran magnétique.

M. Crompton a été fort gêné par cet inconvénient dans sa fabrique de dynamos à Chelensford, et c'est parce qu'il se trouvait dans l'impossibilité de se servir des galvanomètres de Thomson qu'il eut l'idée, avec M. Kapp, d'imaginer l'indicateur d'intensité et de potentiels présenté à la Société.

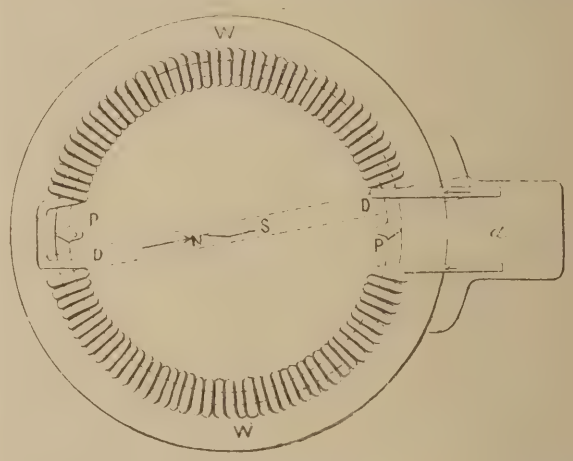
Un troisième inconvénient de ces instruments est l'emploi d'une *constante* par laquelle on multiplie les lectures sur l'echelle, afin d'obtenir la valeur de l'intensité ou de la force électromotrice en volts. En général, les ouvriers n'aiment pas calculer, et beaucoup d'entre eux n'en sont pas même capables.

C'est pourquoi les professeurs Ayrton et Perry ont modifié leurs ampèremètres et voltmètres, de manière à donner l'intensité en ampères et la force électromotrice en volts directement par les lectures de l'echelle, et sir William Thomson pourrait suivre leur exemple avec avantage.

En imaginant leurs appareils, MM. Crompton et Kapp ont eu soin d'éviter l'emploi de cette constante. Les indications de l'échelle donnent l'intensité en ampères ou la force électromotrice en volts. Ils se sont également gardés d'employer un aimant permanent qui pourrait varier de temps en temps, et ils ont choisi un électro-aimant au point de saturation. Ils ne se servent pas d'un courant auxiliaire fourni par une pile-étalon, mais d'une partie ou de tout le courant à mesurer. Selon ces messieurs, et à un point de vue pratique, une pile-étalon est un moyen trop incommode, puisqu'il faudrait toujours la transporter avec l'instrument même, et veiller avec beaucoup de soin à la tenir en bonne condition et en pleine force. Pour exciter l'électro-aimant, ils ont employé le courant à mesurer, et quelle que soit l'intensité de ce courant, l'électro-aimant est ainsi construit, qu'une partie du courant suffira pour aimanter son noyau à saturation. Ce résultat est obtenu en limitant la masse du fer dans le noyau, autant que possible, de sorte que tout courant que l'instrument est capable de mesurer suffira pour saturer le fer de magnétisme et lui donner toute son intensité comme aimant directeur.

Cet arrangement est représenté par la figure ci-jointe, dans laquelle WW est un double électro-aimant circulaire, comprenant un noyau de deux fils de fer au charbon minces de 1,245 mm, entourés d'une seule couche de fil de cuivre de 1,20 mm de diamètre, entouré de soie, pour l'indicateur d'intensité, et de 0,0193 mm pour l'indicateur de potentiels. Les pôles de même nom de cet aimant sont opposés l'un à l'autre, et une petite aiguille astatique NS est suspendue entre eux, de manière à pouvoir se placer dans la même ligne que les pôles PP.

Le courant entre en *a*, et, passant par le fil de l'électro-aimant, il traverse un deuxième fil ou bobine DD, placé sous l'aiguille. Ce deuxième fil forme le circuit qui dévie l'aiguille et correspond au cadre du galvanomètre, tandis que l'électro-aimant WW correspond à l'aimant directeur d'un galvanomètre. Les influences de l'électro-aimant et de la bobine sur l'aiguille sont donc opposées l'une à l'autre, celle de l'aimant tendant à maintenir l'aiguille au zéro, celle de la bobine en dessous tendant à déplacer l'aiguille du zéro dans la direction d'un angle droit. Pourtant, l'influence exercée par l'électro-aimant WW sur l'aiguille se divise en deux parties : l'action électromagnétique du fil même et l'influence directrice du noyau. Cette influence électromagnétique peut pourtant être exactement neutralisée en donnant à la bobine DD une petite inclinaison, de sorte qu'elle ne sera plus parallèle à l'axe de l'aiguille NS, mais prendra une position à un angle de celle-ci, comme le montre le dessin.



L'angle est tel qu'une des composantes de la force déviatrice de la bobine DD est égale et opposée à l'influence déviatrice de la bobine de l'électro-aimant WW.

L'autre composante rectangulaire de la force déviatrice de la bobine DD reste seule à faire dévier l'aiguille, et celle-ci étant petite, les inclinaisons sont proportionnelles à l'intensité ou à la force électromotrice. L'aiguille est suspendue en dead-beat, montée entre des saphirs, et porte un long indicateur qui parcourt l'échelle. Les appareils sont faits de plusieurs dimensions pour différentes intensités, et peuvent mesurer de 1/2 à 250 ampères, et de 1 à 300 volts. Par une série de « shunts », fournie avec chaque appareil, on peut varier la sensibilité de 1 à 10.

Des objections ont été faites contre l'emploi de ressorts dans ce genre d'instruments, mais probablement sans beaucoup de raison. Quand on se souvient de l'exactitude extraordinaire du chronomètre, les changements supposés dans les ressorts de temps en temps semblent peu probables. Feu M. *Froude*, l'éminent ingénieur de la marine, avait beaucoup de confiance dans les ressorts, et disait souvent qu'un bon ressort resterait toujours le même pratiquement, à moins d'être poussé trop loin. Sir William Thomson a donné une preuve de sa foi dans les ressorts en en plaçant dans son laboratoire pour fournir à la postérité dans quelques mille ans le moyen de juger si la période de rotation de la terre a changé; en somme, l'expérience ne fournit aucune preuve contre l'emploi des ressorts dans les appareils de mesures électriques, et bien que MM. Crompton et Kapp les aient évités, MM. Ayrton et Perry viennent de présenter à la *Royal Society* un modèle de ressort qui sera sans doute fort utile. Il est construit d'une étroite bande d'acier mince enroulée autour d'un fil cylindrique de manière que les tours se touchent presque. En retirant le fil cylindrique ou noyau sur lequel est enroulée la bande, après l'avoir traités de manière à ce qu'elle garde sa forme, on obtient un ressort creux tubulaire. En tirant légèrement les bouts, un indicateur léger placé à son extrémité, à angles droits avec son axe, donne une grande déviation. MM. Ayrton et Perry se sont servis de cette forme de ressort dans quelques ampèremètres et voltmètres nouveaux très compacts qu'ils viennent de construire.

L'ÉTAT DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE. — L'état général de l'éclairage électrique à Londres et dans les provinces n'est pas très satisfaisant. Quelques installations particulières sont en construction çà et là, mais nous attendons toujours l'introduction générale et en grand de la lumière électrique. On considère que la loi de 1882 qui règle le sujet plus que la spéculation de l'année dernière a contribué à paralyser les entreprises, et quelques articles de cette loi vont être revisés.

Pour le moment nous traversons une période de préparation et d'attente, mais tout le monde s'accorde à prévoir avant peu une activité considérable dans les affaires électriques en Angleterre.

La realisation de l'éclairage d'un premier quartier de Londres donnera probablement un nouvel élan à l'éclairage en général ; en attendant on nous affirme que les fabriques de machines et d'appareils sont loin de chômer.

UN NOUVEAU MODE DE PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ. — En 1863, MM. Deville et Troost ont découvert que certains métaux sont perméables par le gaz hydrogène, et dernièrement M. J.-A. Kendall, un chimiste anglais distingué, a construit une nouvelle combinaison électrogénératrice dans laquelle l'hydrogène passe à travers deux plaques de platine chauffées à blanc et séparées par un sel fusible. Un de ces modèles d'élément consiste en deux tubes de platine fermés tous les deux à un bout et placés l'un dans l'autre. Le tube intérieur a 4 pouces de long avec un diamètre intérieur de 3/8 de pouce; le tube extérieur a 3 pouces 5/8 de long, et 5/8 de pouce du diamètre intérieur, l'épaisseur du métal est de $\frac{1}{100}$ de pouce. En plaçant l'élément debout dans un petit fourneau à gaz et en amenant l'hydrogène dans le tube intérieur par un tuyau, tandis que le tout est chauffé à blanc, on obtient un courant d'électricité entre les tubes reliés ensemble par un fil, pourvu que l'espace entre les tubes soit rempli de chlorure ou d'autres sels en fusion.

L'hydrogène passe à travers les deux tubes et le sel pour venir s'oxyder dans le fourneau. Des sulfates en fusion, des carbonates et des nitrates ne peuvent convenir pour la production d'un courant; mais les chlorures, bromures, iodures et fluorures des métaux alcalins et terreux donnent de bons résultats, ainsi que le verre en fusion, la poterie et la porcelaine chauffés au rouge. Quand environ 3,3 pouces carrés du tube intérieur étaient en contact avec le sel fondu, il passait près de 0,7 centimètre cube d'hydrogène par minute. M. Kendall a également construit des éléments avec des tubes en soude et en verre ayant à l'intérieur et à l'extérieur une couche de platine déposée en mettant le feu à une solution alcoolique de chlorure de platine dont le verre était peint. Des fils en spirale etablissaient la communication avec les depôts.

Quand l'hydrogène passait du dépôt interieur à l'exterieur à travers le verre, l'elément chauffé jusqu'à fusion du verre donnait un courant. On a essayé d'autres métaux que le platine et les suivants ont donné un bon résultat : paladium, or, fer, nickel, molybdène, cuivre et argent. La force électromotrice variait selon le milieu fusible et l'élément à tube de platine donnait avec du borate de chaux chauffé à blanc 0,36 d'un élément Daniell. Un autre, avec un tube en porcelaine de 1/12 de pouce

d'épaisseur, donnait 0,7 d'un élément Daniell ou environ 3/4 d'un volt, quand on le chauffait à blanc.

Les observations suivantes donneront une idée des relations entre le courant et l'hydrogène traversant le milieu :

Déviation du galvanomètre	Hydrogène dégagé par minute
10°	0,07 centimètre cube
20°	0,21 — —
30°	0,60 — —
40°	1.35 — —

GALVANOMÈTRES A MIROIR « DEAD BEAT ». — Les galvanomètres à miroir de Sir W. Thomson, pour les câbles sous-marins sont pourvus de petits tubes dans lesquels sont suspendus les aimants, et l'air dans ce tube peut être comprimé un peu, de manière à rendre les mouvements des aimants plus brusques et libres de toute oscillation.

M. D. Ebel est allé plus loin dans cette direction en introduisant dans le tube du miroir de l'air comprimé ou un liquide. Le tube communique derrière par un tuyau flexible en caoutchouc avec une seringue ou un réservoir compressible en caoutchouc rempli d'air ou d'un liquide ; ce réservoir étant placé entre deux vis, la quantité d'air ou de liquide peut être réglée par un léger mouvement en avant de la vis. Afin d'éviter les bulles d'air autour du miroir en se servant d'un liquide, la chambre du miroir est pourvue d'un entonnoir ou tube perpendiculaire dans lequel l'air peut monter, laissant intact le liquide autour du miroir.

UNE ANTÉRIORITÉ AU TÉLÉPHONE. — Pendant le procès entre la People's Telephone C° et l'American Bell Telephone C° en Amérique, la publication du téléphone parlant de M. Drawbaugh a créé un intérêt considérable en Angleterre. Le tribunal a prononcé la déchéance du brevet Bell en Amérique, en décidant que Graham Bell n'était pas le premier et le vrai inventeur du téléphone selon la loi américaine sur les brevets. On a montré un certain nombre d'instruments que Drawbaugh prétend avoir construits de 1866 à 1876, et qui sont identiquement les mêmes que les téléphones Bell, et les transmetteurs à charbon employés aujourd'hui. Le transmetteur de 1866-1867 consiste, par exemple en une plaque vibratoire, avec un levier qui porte sur une poudre métallique contenue entre deux électrodes en circuit avec la ligne. Le transmetteur de 1876 consiste en un microphone de deux blocs en charbon dur tenus ensemble par des ressorts, le circuit étant fermé sur une bobine d'induction. Son récepteur de 1866-67 est un électro-aimant qui attira une armature vibrante en fer doux relié à un diaphragme; le récepteur de 1875 est un aimant permanent avec des bobines autour de son pôle attirant une armature en fer doux, absolument identique avec celui qu'on emploie aujourd'hui. De fait, la similitude des appareils de Drawbaugh avec ceux dont on se sert maintenant fait naître des soupçons au sujet de la date de leur invention que le silence remarquable gardé autour de ces instruments n'est pas de nature à faire disparaître, malgré la décision des tribunaux américains, et il nous semble que les prétentions extraordinaires de Drawbaugh demandent une plus ample confirmation.

J. MUNRO.

REVUE DES TRAVAUX
RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Le Thermographe avertisseur d'incendie et des changements de température, par MM. Lechne et Lerksch (1).

On verse dans un petit flacon (fig. 1) en métal de composition particulière, une quantité déterminée de mercure; on y fait pénétrer par une garniture hermétique un tube de même métal fixé de façon à presque toucher le fond. Lorsque la température s'élève, l'air se dilate et fait monter dans le tube le mercure H. Un flotteur en ivoire porte un fil d'aluminium surmonté d'une lamelle de platine, qui ferme un circuit électrique lorsqu'elle vient buter contre un contact A également en platine. Plus le flacon est placé bas, plus la lamelle aura à monter pour atteindre le contact, plus par conséquent l'élévation de température devra être considérable pour déterminer la fermeture du circuit. Cela posé, il est facile de concevoir une combinaison par laquelle on obtient un signal, à quelque température que ce soit, en vissant plus ou moins haut le flacon, qui est muni d'un index parcourant une graduation dont les degrés correspondent aux différentes températures.

Un second contact mobile et indiqué en pointillé dans la figure, sert à signaler les abaissements de température ; les sonneries intercalées dans les circuits ont alors des sons différents. Les appareils sont réglés à la hauteur barométrique moyenne, et dans les applications industrielles on peut négliger l'influence des variations de la pression atmosphérique. Du reste, l'appareil peut être complété d'un appareil régulateur.

Tous les organes du thermographe sont métalliques ; c'est là un avantage essentiel sur les appareils en verre, qui n'offrent pas les mêmes garanties; ces derniers se brisent sous l'influence d'une variation brusque de température comme en produisent les incendies éclatant subitement; ils peuvent donc

(1) *Zeitschrift des electrotechnischen Vereins, heft* IX, 15 novembre 1883.

ne pas fonctionner précisément au moment du danger.

Le thermographe, applicable dans les cas où l'on veut maintenir la température d'un espace quelconque au-dessous d'une limite déterminée de 80, 40 ou 50 degrés, par exemple. Il suffit de placer l'index sur le degré correspondant au maximum de température que l'on désire ne pas dépasser, pour obtenir un signal électrique dès que la température devient supérieure, ne fût-ce que d'un degré, à ce maximum.

Le thermographe double indique de la même façon l'abaissement de la température au-dessous d'une limite quelconque. L'appareil peut donc être employé pour les étuves à dessiccation de matières

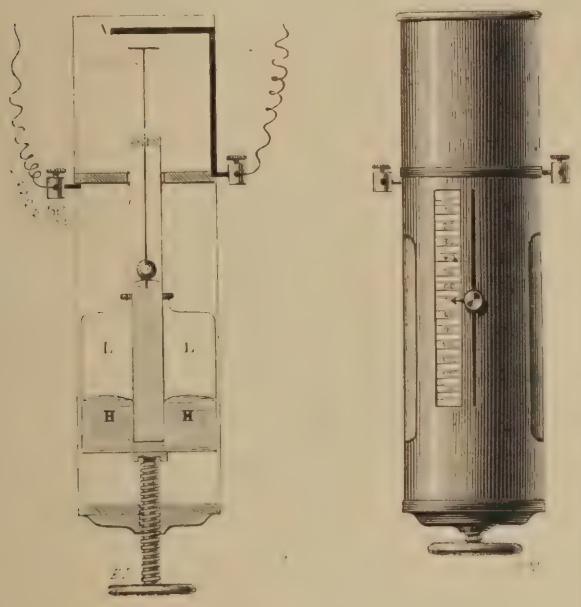


FIG. 1 ET 2

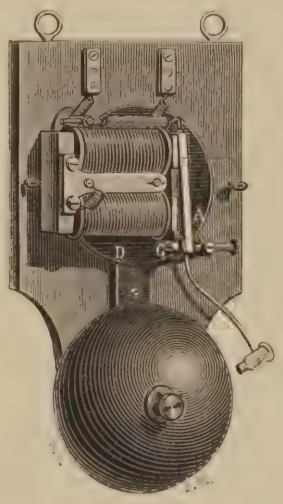
inflammables, pour les étuves à bois et à laines, pour le maltage. Dans le cas de plusieurs étuves, l'appareil indique le numéro correspondant.

Si l'appareil ne doit fonctionner que comme avertisseur d'incendie, on supprime la vis inférieure; par contre, on munit le flacon d'une vis qui permet à l'air d'entrer et de sortir lentement. L'appareil ne demande dans ce cas-là aucun réglage, est insensible aux variations normales de température et ne signale que les incendies ; il est aussi entièrement métallique.

Sonnerie électrique à action lente de Schæfer et Montanus, à Francfort-sur-le-Mein (1).

Dans les sonneries à trembleur ordinaires, les coups de marteau sur le timbre se succèdent avec une rapidité très grande; le signal serait aussi bon et moins désagréable à l'oreille si l'on augmentait l'intervalle de temps qui sépare deux coups de marteau consécutifs : c'est dans ce but qu'a été construit l'appareil représenté dans la figure ci-jointe.

Le système se compose en principe d'un disque métallique monté sur pointes et mobile autour d'un axe horizontal; ce disque est placé derrière l'électro-aimant et porte à sa partie inférieure et près de la circonférence un taquet situé en face d'un autre taquet qui fait corps avec l'armature de l'électro-aimant. La face postérieure du disque est munie d'un ressort en spirale dont l'action tend à faire tourner ce même disque en sens inverse des aiguilles d'une montre et, par suite, à appliquer constamment les deux taquets mentionnés plus haut l'un contre l'autre. Il résulte de cette disposi-



tion que le disque revient à la position de la figure toutes les fois qu'on l'en écarte, et cela dans un temps variable, suivant la tension du ressort employé; on arriverait d'ailleurs à donner à cette pièce un jeu analogue en excentrant l'axe de rotation ou bien en faisant agir sur le disque un poids convenablement disposé. Le fonctionnement de l'appareil est des plus simples. Le courant arrive par la borne que l'on aperçoit en haut à droite de la figure, traverse le fil qui entoure l'électro-aimant, se transmet au disque par l'intermédiaire de la pièce en forme de T placée entre les deux branches de l'électro-aimant, puis de là, grâce au contact des taquets, à l'armature et à la borne de gauche. L'armature est violemment attirée, et dans ce mouvement, les deux taquets réagissent l'un sur l'autre, le disque se déplace dans le sens des aiguilles d'une montre : le courant se trouve interrompu et l'armature ramenée à la position du repos à l'aide d'un ressort à boudin qui s'attache à l'extrémité supérieure de cette même armature. Pour

(1) *Centralblatt für Elektrotechnik*, 1884, n° 2.

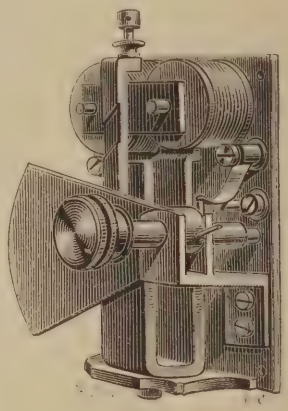
qu'un deuxième coup de marteau se produise, il faut que le mécanisme dont nous avons parlé plus haut rétablisse le contact entre le taquet du disque et celui de l'armature.

Grâce à cette disposition, les coups de marteau se succèdent à des intervalles de une à deux secondes; on peut d'ailleurs, à l'aide d'une vis de butée, régler la course de l'armature et, par suite, agir sur l'amplitude de l'angle de rotation du disque. L'appareil fonctionne très bien avec des éléments Leclanché; il serait peut-être d'une application avantageuse dans des cas spéciaux, pour les avertisseurs d'incendie, les signaux de chemins de fer, etc., et toutes les fois qu'on fait usage de timbres puissants. Dans tous les cas, le système se recommande spécialement au point de vue de la polarisation des piles.

L'indicateur Schæfer et Montanus pour bureaux téléphoniques.

Un nouveau système d'indicateur a été breveté dans ces derniers temps à Francfort-sur-le-Mein [1]. L'appareil se compose en principe d'un aimant en fer à cheval dont l'un des pôles, le pôle sud par exemple, est relié aux semelles d'un inducteur fixe, tandis que l'autre pôle porte une armature montée sur pointes et mobile autour d'un axe vertical. On voit, en se reportant à la figure, que ces deux pièces se font face: les pôles étant de noms contraires, il y a attraction entre les semelles et l'armature mobile, mais il est facile de comprendre que cette armature ne peut prendre aucun mouvement relatif aussi longtemps qu'elle occupe une position symétrique par rapport aux semelles voisines. Pour cette position il y a équilibre entre les efforts exercés sur les portions de droite et de gauche de l'armature. Mais pour peu que l'on déplace cette même armature, en l'approchant par exemple de la semelle de droite, le mouvement ira en s'accentuant, puisque la force d'attraction est inversement proportionnelle au carré de la distance, le bras de droite viendra s'appliquer contre la semelle correspondante et se trouvera maintenu dans cette position. C'est ce mouvement de l'armature mobile qui commande le jeu de l'indicateur: l'armature porte à cet effet sur sa face antérieure deux taquets auxquels correspondent des taquets ménagés sur la face postérieure de la plaque indicatrice. Si l'on imprime au bouton situé à l'avant de la figure un mouvement de rotation de gauche à droite, la plaque se déplacera de bas en haut; au contact des deux taquets de droite l'armature se trouvera attirée sur la semelle de droite, et le taquet qui fait saillie sur le bras gauche de cette même armature viendra agir sur le taquet correspondant de la plaque, de façon à s'opposer au mouvement de descente qui tendrait à se produire en vertu de la pesanteur seule. Cette position est celle du repos: l'ensemble du mécanisme est enfermé dans une boîte rectangulaire munie d'une lucarne où apparaît le numéro gravé sur la plaque, lorsque cette plaque échappe au taquet d'arrêt. L'appareil en question tient fort bien lieu de sonnerie lorsque la station qui appelle fait usage de courants induits; par suite du renversement des pôles dans l'inducteur l'armature est alternativement attirée et repoussée par la même semelle, en sorte qu'elle prend un mouvement oscillatoire très rapide; il en résulte, en vertu de la sonorité de la caisse, un appel très satisfaisant.

Le déclenchement s'opère en même temps et le numéro se place devant la lucarne. Dans le cas où on emploie le courant d'une batterie de piles, l'in-



dicateur fonctionne à la manière d'un relais polarisé.

On sait que, sitôt l'appel entendu, un employé du bureau se met en communication avec la station qui appelle. Cette opération se fait d'une façon très simple. L'axe sur lequel est monté le bouton de manœuvre traverse un support en laiton, dont la section affecte la forme d'un U, et s'assemble avec une tige cylindrique fixée à la plaque du fond. Le moyen de l'indicateur au lieu d'être calé sur ce même axe porte dans toute sa longueur une rainure dans laquelle passe à frottement très doux une languette venue en saillie sur l'axe. Les déplacements angulaires des deux pièces sont ainsi rendus solidaires les uns des autres. Si dans la position représentée figure 1 on appuie sur le bouton, l'axe se déplace perpendiculairement au plan de la plaque et dans ce mouvement, la languette mentionnée plus haut, s'engage dans une rainure ménagée à l'intérieur du deuxième support. En même temps une tige verticale vissée sur l'axe est venue soulever le ressort qui établit la communication de

(1) *Centralblatt für Elektrotechnik*, 1884, n° 1.

la ligne et des bobines de l'inducteur. On voit immédiatement que le système d'appel est isolé, tandis que par l'intermède du ressort et du corps de l'appareil le téléphone du bureau se trouve dans le circuit. La disposition est ingénieuse en ce sens qu'il est impossible à l'employé d'oublier, de s'isoler, une fois la communication entre les deux abonnés établie; il ne peut, en effet, à cause de l'assemblage à rainure et languette entre l'axe et le support, ramener l'indicateur au repos avant d'avoir retiré le bouton de manœuvre; or, en ce faisant, il s'isole.

Pour établir la communication entre les diverses lignes qui aboutissent au bureau, on peut adopter un système quelconque de commutateur. Le commutateur Schæfer et Montanus comporte deux trous placés à la suite l'un de l'autre sur une même verticale et au-dessous du numéro de l'indicateur. Si l'on vient à enfoncer les deux fiches qui terminent les cordes métalliques souples dont sont pourvus les bureaux téléphoniques de telle façon que l'une des fiches pénètre dans le trou inférieur de la station qui appelle, et l'autre dans le trou supérieur de la station appelée, l'indicateur de la première station demeure dans le circuit, tandis que celui de la seconde se trouve isolé. Cette disposition a pour but de permettre à la station qui appelle de donner le signal de la fin de la conversation. On peut également construire les indicateurs décrits plus haut, de manière à établir automatiquement et par le jeu seul de la plaque indicatrice la communication entre l'abonné faisant appel et le bureau, au moment où la plaqne échappe au taquet de l'armature. Cette modification est avantageuse dans le cas où le nombre des conduites qui aboutissent à un même appareil placé dans le bureau central, ne dépasse pas 10 ou 15; peut-être ne serait-il pas mauvais de l'appliquer aux postes de police ou aux postes avertisseurs d'incendies, attendu que l'on mettrait ainsi ces postes à même de communiquer simultanément avec toutes les stations qui sont dans leur dépendance. L'application cesse d'être pratique dès qu'on envisage les bureaux d'une grande importance : dans cette hypothèse, le service se ferait fatalement très mal, puisqu'il suffirait que deux appels se fissent entendre en même temps pour que la communication se trouvât établie entre les abonnés correspondants.

Note sur la loi de Faraday, par Ad. Wurtz (1).

« J'ai fait observer, dans ma dernière note, que, dans l'interprétation de la loi de Faraday, ce n'est *pas* la notion des poids atomiques qui doit intervenir, mais bien la notion de *valence*, et que les quantités de métaux qui se déposent au pôle négatif, dans le cas de l'électrolyse de sels à métaux plurivalents, ne répondent nullement aux *équivalents* ordinairement adoptés. Dans l'électrolyse du chlorure cuivreux, pour 35,5 de chlore mis en liberté au pôle positif, il se dépose au pôle négatif 63,5 de cuivre : ce qui n'est pas l'équivalent du cuivre. Dans l'électrolyse du chlorure de bismuth, il se dépose 70 de bismuth : ce qui n'est pas l'équivalent du bismuth, etc.

« M. Berthelot n'y contredit pas ; il semble donc inutile de prolonger cette discussion et, si mon savant ami préfère se servir, dans l'interprétation de la loi de Faraday, des équivalents fixés il y a quarante ans et qui, dans le cas des éléments plurivalents, ne représentent pas des quantités réellement équivalentes, c'est une affaire de convenance personnelle : je n'ai rien à y objecter. »

(1) Note présentée à l'Académie des sciences dans la séance du 11 février 1884.

Les principes fondamentaux de l'électricité statique (quantité, potentiel, capacité, etc.), par E. Mach (1).

CONFÉRENCE FAITE A L'EXPOSITION INTERNATIONALE D'ÉLECTRICITÉ DE VIENNE, LE 4 SEPTEMBRE 1883.

Je me propose de développer devant vous, de façon à en rendre l'abord accessible à tous les esprits, les notions premières qui servent à la mesure de l'électricité statique et qui sont : la quantité d'électricité, le potentiel et la capacité. Il me serait aisé de tenir pendant une heure votre imagination en éveil en faisant défiler sous vos yeux une série de belles expériences.

Mais pensez-vous qu'une séance ainsi distribuée nous permît de compter sur un aperçu net et acquis sans fatigue des faits de l'expérience? Pour ma part, je suis certain que non, car notre esprit, auquel feraient défaut ces points de repère, si nécessaires en théorie aussi bien qu'en pratique, qui sont les mesures adoptées en électrostatique, se refuserait à garder des faits une notion exacte et durable.

Tant qu'une science en est à ses débuts, et pour ainsi dire aux mains de quelques savants, le nombre des expériences est restreint : il suffit de les décrire pour que toutes puissent être reproduites; l'esprit se déclare satisfait et ne cherche pas de moyens de comparaison plus généraux. Il cesse d'en être ainsi lorsque, les limites de cette science venant à s'élargir, chacun se trouve en présence d'une nombreuse série d'expériences, lorsque surtout cette science commence à trouver des applications spéciales et vient par conséquent se heur-

(1) Traduit de la *Zeitschrift des Elektrotechnischen Vereines in Wien*, décembre 1883.

ter aux difficultés de la pratique pour puiser à cette dernière source de nouveaux enseignements : or, c'est précisément le cas qui nous occupe. Il faut alors que la description des faits observés soit telle qu'elle mette chacun à même de s'en rendre facilement un compte exact et de les reproduire à son gré au besoin. Ce résultat ne peut être obtenu qu'en comparant toutes les quantités à une même origine, c'est-à-dire en adoptant un système de mesures internationales.

Dans la période purement scientifique, c'est aux efforts de Coulomb, de Gauss (1833) et de Weber qu'il faut attribuer les progrès réalisés dans cet ordre d'idées. Les exigences industrielles, et principalement la pose du câble transatlantique vinrent bientôt donner un puissant intérêt à la question qui fut définitivement résolue à la suite des travaux de l'Association britannique (1861) et du Congrès de Paris (1881) : le nom de William Thomson mérite dans cette dernière période une place à part.

Je serais entraîné en dehors des limites de temps que je me suis imposées, si je voulais suivre pas à pas les chemins sinueux et souvent longs qui ont conduit la science aux résultats aujourd'hui acquis et vous faire remarquer les précautions qui accompagnèrent chaque pas fait en avant. Il me faut au contraire avoir recours aux moyens les plus simples et les plus expéditifs. Nous prendrons la voie qui mène le plus rapidement des faits de l'expérience à la conception théorique de ces mêmes faits sans nous soucier pour le moment des idées secondaires, ou si vous voulez des chemins détournés que nous rencontrerons sans cesse sur notre route.

Considérons deux corps de petites dimensions, peu pesants, égaux et librement suspendus (fig. 1) et électrisons-les, soit en les frottant à l'aide d'un troisième corps, soit en les mettant en contact avec un corps déjà électrisé. Nous voyons immédiatement se manifester une force répulsive qui écarte les corps l'un de l'autre et agit par conséquent dans un sens contraire à la pesanteur. Cette force est évidemment capable de restituer le travail mécanique dépensé pour la produire.

Coulomb a démontré à l'aide d'expériences très précises, pour lesquelles il se servait d'une balance de torsion, que si, pour une distance de 2 centimètres par exemple les corps considérés se repoussent avec une force égale à celle en vertu de laquelle un corps pesant un milligramme tend à tomber vers la terre, cette force atteint une valeur de 4 milligrammes pour une distance de 1 centimètre et tombe à une valeur de 1/4 milligramme lorsque la distance devient de 4 centimètres. En d'autres termes, Coulomb trouva que l'action d'une force électrique était inversement proportionnelle au carré de la distance.

Supposons maintenant que nous ayons un moyen de mesurer la répulsion électrique à l'aide de poids, ce moyen simple nous étant d'ailleurs offert par le pendule électrique, nous serons amenés à observer les faits suivants.

Le corps A (fig. 2) situé à une distance de 2 centimètres du corps K est repoussé par ce dernier avec une force de 1 milligramme à peu près. Si nous touchons A avec un corps B de dimensions égales, l'action répulsive va se partager entre A et B. Pour une même distance de 2 centimètres chacun des corps A et B se trouve repoussé par K avec une force de 1/2 milligramme: réunis A et B sont soumis à un effort de 1 milligramme. La division de la force électrique entre les corps en contract est un fait expérimental. On peut supposer un fluide électrique répandu dans le corps A, la force électrique serait fonction de la quantité de ce même fluide et diminuerait par suite de moitié lorsque le fluide se partage également entre A et B; cette hypothèse n'est pas absolument nécessaire, mais

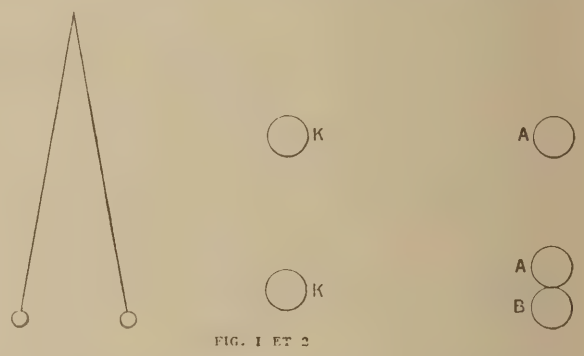


FIG. 1 ET 2

elle est utile. Elle présente en effet l'avantage de substituer une notion qui nous est familière à un phénomène physique d'un ordre nouveau.

Dans ces conditions, voici comment nous définirons l'unité de quantité électrique : c'est la quantité d'électricité qui dans le système des unités centimètre-gramme-seconde (C.-G.-S.) exerce sur une quantité égale, située à 1 centimètre de distance, une force répulsive égale à 1, c'est-à-dire la force qui, appliquée à une masse de 1 gramme, produirait une accélération de 1 centimètre par seconde. Comme la pesanteur imprime à l'unité de masse une accélération de 981 centimètres par seconde, cette masse est attirée par 981 ou en chiffres ronds 1 000 unités de force du système C.-G.-S. et un corps qui pèse 1 milligramme est soumis de la part de la terre à une force attractive égale à 1.

Ceci posé, il est très facile de voir à quoi répond dans la pratique l'unité de quantité d'électricité. On prend deux corps K pesant chacun 1 gramme, et on les suspend à des fils aussi minces que possible de 5 mètres de longueur, et de telle façon que les corps K se touchent. Si maintenant on

électrise également les deux corps de manière à amener entre eux un écart de 1 centimètre, la charge prise par chaque corps correspond à l'unité de quantité électrostatique, car la répulsion qui prend naissance fait exactement équilibre à la composante de la pesanteur qui tend à rapprocher les corps considérés, cette composante se trouvant dans ces conditions être égale à 1 milligramme.

Un autre procédé consiste à suspendre à l'une des extrémités du fléau d'une balance une petite boule, et au-dessus, sur la même verticale et à une distance de 1 centimètre de la précédente une deuxième boule. L'équilibre étant établi on électrise les deux boules, et la première perd une partie de son poids en vertu de la répulsion qui s'exerce entre les deux boules. Il est evident que lorsqu'il suffira d'ajouter 1 milligramme pour ramener l'équilibre, la distance redevenant de 1 centimètre, chaque boule aura pris une charge qui sera précisément égale à l'unité de quantité électrostatique telle qu'elle a été définie.

En tenant compte de ce qui vient d'être exposé, à savoir que l'action mutuelle des corps électrisés varie avec la distance, on peut s'étonner au premier abord de cette façon d'évaluer la quantité électrique. Qu'est-ce, dira-t-on, que cette quantité qui pèse tantôt plus et tantôt moins, s'il m'est permis de m'exprimer ainsi? Mais si l'on y regarde de plus près, on ne tarde pas à s'apercevoir que ce désaccord entre la notion de quantité électrique et la notion de quantité en général, qu'on est habitué à ramener à un poids, n'est qu'apparent; pour ne pas être frappant, l'accord n'en existe pas moins. Une masse pesante n'éprouve-t-elle pas de la part de la terre une attraction moindre lorsqu'elle est placée au sommet d'une montagne, que lorsqu'elle est au niveau de la mer? et si nous faisons abstraction de l'altitude, c'est que nous sommes habitués à comparer entre elles, en les rapportant à des poids, des quantités distribuées dans un même niveau?

Mais si nous prenions deux poids qui se font équilibre dans les deux plateaux d'une balance, et que nous approchions un de ces poids du centre de la terre en le suspendant par exemple à un fil excessivement long, comme cela a été proposé par le professeur V. Jolly à Munich, nous verrions immédiatement que l'équilibre serait détruit.

Imaginons qu'il existe deux fluides électriques differents, l'un positif, l'autre négatif, dont les propriétés seraient ainsi définies : deux portions de fluide de même nom se repoussent en raison inverse du carré des distances et deux portions de fluide de noms contraires s'attirent suivant la même loi.

Supposons, en outre, que dans les corps non électrisés les deux fluides soient en quantités égales et également partagés, tandis que dans les corps électrisés, l'un des fluides se trouve en excès Admettons enfin que ces fluides soient mobiles dans les corps conducteurs et immobiles dans les autres : nous nous trouverons ainsi avoir réalisé l'hypothèse que Coulomb a posée et à laquelle il a su donner une rigueur mathématique.

En restant dans cette hypothèse, nous voyons les particules de fluide d'un conducteur chargé positivement, s'éloigner l'une de l'autre le plus possible, gagner la surface extérieure du corps et s'accumuler dans les parties saillantes et sur les pointes.

Là où la surface offerte est plus grande, les particules électriques se dispersent pour se concentrer davantage à mesure que la surface diminue. Si d'un corps ainsi électrisé nous approchons un second conducteur, aussitôt les deux fluides de ce dernier conducteur vont se séparer ; le fluide positif est repoussé, et le fluide négatif attiré sur la surface voisine. Cette hypothèse rend visible et permet de suivre la production d'une série de phé-

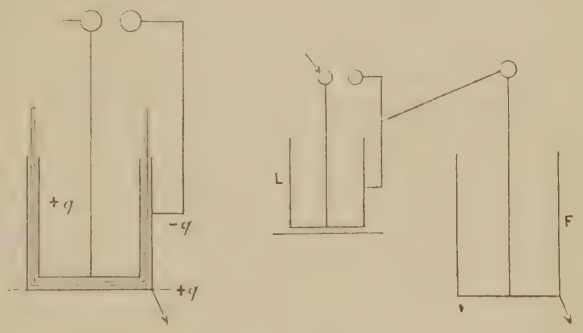


FIG. 3 ET 4

nomènes qui ont été chacune l'objet d'une observation lente et laborieuse : c'est ce qui en fait l'intérêt et la valeur au point de vue scientifique. Il faut pourtant se garder d'en exagérer l'importance et d'oublier que ces deux fluides ne sont qu'hypothétiques; c'est une conception de l'esprit qui le satisfait, mais ce serait faire fausse route que de croire que l'on doive s'attacher à rechercher ces fluides dans la nature même. L'hypothèse de Coulomb peut être remplacée par une autre toute différente : celle de Faraday, par exemple. Ce qu'il y a de moins risqué, une fois qu'on s'est rendu compte de la série des phénomènes, c'est de revenir aux données de l'expérience, c'est-à-dire aux forces électriques.

Nous allons d'abord nous familiariser avec les notions de quantités d'électricité et insister un peu sur le mode d'évaluation et de mesure de ces dernières.

Supposons une bouteille de Leyde ordinaire (fig. 3) dont les armatures extérieure et intérieure sont reliées à deux sphères métalliques distantes de 1 centimètre environ. Si l'on charge l'armature

intérieure avec une quantité d'électricité $+q$ il se produira à travers le verre une séparation d'électricité sur l'armature extérieure. Une quantité d'électricité positive presque égale à $+q$ s'écoule dans la terre et une quantité $-q$ reste sur l'armature extérieure [1]. Les sphères gardent une portion de cette électricité, et lorsque la quantité q est assez grande, les deux électricités se recombinent entre les sphères à travers l'air isolant et la bouteille se décharge spontanément. Pour une distance donnée entre les sphères et des dimensions invariables de ces mêmes sphères la décharge se produit toujours pour une même quantité d'électricité q.

Si nous isolons l'armature extérieure L de la bouteille à jauge de Lane et que nous fassions communiquer cette armature avec l'armature intérieure d'une bouteille F (fig. 4) reliée au sol, toutes les fois que L reçoit une charge $+q$ l'armature intérieure de F reçoit une charge égale $+q$ et la bouteille L se décharge. Il résulte de là que le nombre des décharges de la bouteille L peut servir à mesurer la charge ou la quantité

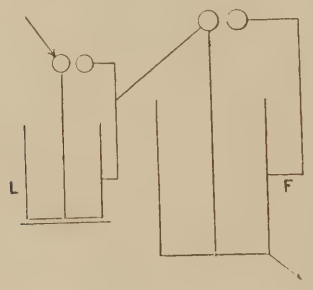


FIG. 5

fournie à la bouteille F et si après 1, 2, 3 .. décharges de la bouteille L on décharge F à son tour on peut se rendre compte de l'accroissement successif de la charge dans cette dernière bouteille.

Garnissons la bouteille F de deux sphères absolument identiques à celles de la bouteille L et placées à la même distance l'une de l'autre (fig. 5) et admettons qu'une décharge spontanée de F corresponde à 5 décharges de L : il est évident que, pour une même distance des sphères, la bouteille F est capable d'emmagasiner une quantité d'électricité cinq fois supérieure à celle de L : on dit dans ce cas que F a une capacité cinq fois plus grande que L [2].

Nous allons maintenant remplacer la bouteille L qui nous a servi pour ainsi dire à jauger la bouteille F par une table de Franklin composée de deux plaques métalliques séparées par une couche d'air (fig. 6). Dans ces conditions si 30 décharges de la table correspondent à la charge de F il n'en faudra plus que 10 environ pour obtenir le même résultat lorsqu'on aura substitué à la couche d'air un gâteau de soufre. Si donc on fait usage de soufre pour isoler les armatures la table de Franklin se trouve avoir une capacité environ trois fois plus grande que si le corps isolant est de l'air ou, pour employer les termes techniques, la capacité inductive spécifique du soufre est représentée par 3 si l'on prend pour unité celle de l'air [1]. Nous sommes ainsi amenés à un fait qui détermine très nettement ce qu'on entend par constante diélectrique ou capacité inductive spécifique notion d'une importance capitale au point de vue des câbles sous-marins.

Considérons une bouteille A dont la charge est

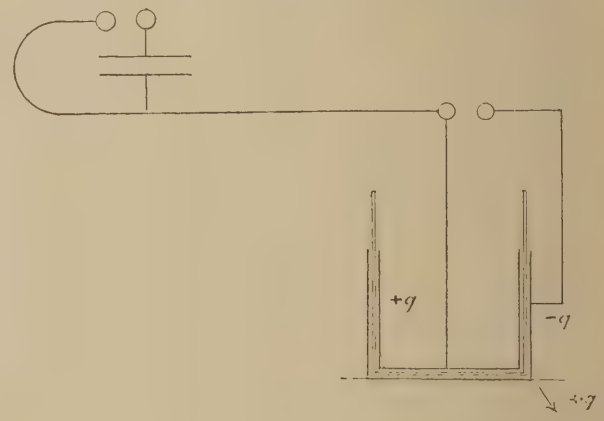


FIG. 6

représentée par une certaine quantité d'électricité. Nous pouvons décharger directement cette bouteille, mais nous pouvons aussi répartir une partie de la décharge sur la bouteille B en faisant communiquer les armatures externes (fig. 7). Une portion de la quantité totale d'électricité passe en B

(1) En réalité, cette quantité est plus petite que q. Elle serait égale à q si l'armature externe embrassait complètement l'armature interne.

(2) Ceci n'est pas rigoureusement exact. Il faut d'abord remarquer que la bouteille L se décharge en même temps que l'électrode de la machine, tandis que la bouteille F se décharge en même temps que l'armature externe de L. Si nous appelons la capacité de l'électrode de la machine E, celle de la bouteille à jauge L, et si nous désignons par A la capacité de l'armature extérieure de L, et par F celle de la bouteille principale, l'exemple précédent correspondrait à l'égalité $\frac{F+A}{L+E}=5$. Les décharges secondaires sont une autre cause d'inexactitude.

(1) En tenant compte de la remarque précédente et des corrections qu'il est nécessaire de faire, j'ai trouvé 3,2 comme valeur de la constante diélectrique du soufre. Cette valeur s'accorde assez bien avec celle que fournissent des méthodes plus précises. En réalité, pour obtenir cette constante, il faudrait noyer complètement les deux plaques du condensateur, d'abord dans l'air, puis dans le soufre. Cependant l'erreur qui résulte de ce qu'on remplace par du soufre seulement l'intervalle d'abord rempli d'air entre les plaques peut être négligée.

avec production d'étincelles et les deux bouteilles se trouvent chargées.

Voici un exemple qui permet de voir comme quoi une quantité constante d'électricité est bien l'expression d'un fait réel. Imaginons un conducteur électrisé quelconque (fig. 8) isolé et divisons-le en un grand nombre d'éléments ; approchons ensuite chacun de ces éléments, à l'aide d'une tige isolée, jusqu'à 1 centimètre d'un corps électrisé qui exercerait sur un corps semblable et placé dans les mêmes conditions d'éloignement une action égale à l'unité de force. Additionnons les forces auxquelles sera soumis chacun des éléments considérés : cette somme n'est pas autre chose que la quantité d'électricité du conducteur entier. Cette quantité demeure toujours la même que l'on vienne à modifier la forme et le volume du conducteur, que l'on l'approche ou que l'on l'éloigne d'un autre conducteur électrique jusqu'au moment où l'on met fin à son isolement c'est-à-dire où on le décharge.

On peut encore en se plaçant à un autre point

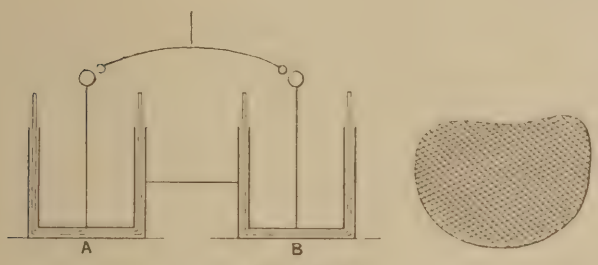


FIG. 7 ET 8

de vue arriver à la notion de la quantité d'électricité. Si un courant passe à travers une colonne d'eau acidulée, c'est-à-dire, en restant dans le cadre des faits que nous venons d'établir, si une quantité donnée d'électricité traverse l'eau par seconde, nous voyons l'hydrogène et l'oxygène se séparer aux extrémités de la colonne, le premier dans le sens du courant positif et le second dans le sens contraire. A une quantité d'électricité déterminée correspond une quantité fixe d'hydrogène. On peut se représenter la colonne d'eau comme composée de deux portions : hydrogène et oxygène qui se repousseraient l'une l'autre et dire que le courant électrique n'est autre chose qu'un courant chimique et inversement. Il est plus difficile de soutenir cette théorie dans l'électricité statique et pour des conducteurs qui ne se décomposent pas, cependant c'est un point de vue qui pourrait être développé et non sans intérêt.

En somme la notion de quantité d'électricité est loin d'être aussi vague qu'on est tenté de le croire; c'est au contraire un guide certain à travers la variété des phénomènes qui s'offrent à nous et les faits d'expériences lui donnent presque l'évidence des choses matérielles. Nous pouvons en effet accumuler la force électrique au sein d'un corps, la comparer dans deux corps différents, la transporter d'un corps à un autre absolument comme nous ferions d'un fluide qui se laisse accumuler, jauger et transvaser.

Dans l'étude des phénomènes mécaniques on a été conduit à choisir comme terme de comparaison ce qu'on appelle le travail. Une machine ne se met en mouvement que lorsque les forces qui lui sont appliquées peuvent fournir un certain travail.

Considérons par exemple une poulie (fig. 9) double ayant un diamètre de 1 et de 2 mètres et chargée de poids de 2 et de 1 kilog. disposés de la façon qui est indiquée sur la figure. Si nous déplaçons la poulie d'un certain angle de manière à faire descendre le poids de 1 kilog. de 2 mètres nous voyons que le poids de 2 kilos monte de 1 mètre environ. Des deux côtés le produit

$$1 \text{ Kg} \times 2 \text{ M} = 2 \text{ Kg} \times 1 \text{ M}$$

est le même. Tant que cette égalité a lieu, la poulie abandonnée à elle-même demeure immobile. Mais si nous faisons varier la charge ou le diamètre de façon à détruire l'égalité, la roue se déplacera du côté où le produit Kilo × Mètre sera supérieur. Ce produit est donc ce qui caractérise le phénomène mécanique, de là le nom particulier de travail qui lui a été donné. Dans tous les phénomènes mécaniques, on peut même dire dans tous les phénomènes physiques, puisqu'il n'est pas de phénomène physique qui, par un côté, ne se rattache à la mécanique, le travail est un élément de mesure.

Les forces électriques sont, elles aussi, le siège de phénomènes dans lesquels il y a production de travail. Quelle que soit la nature intime des manifestations électriques, ces manifestations, en tant qu'elles mettent des forces en jeu, rentrent dans le cadre de la mécanique et sont par conséquent soumises aux lois qui régissent cette partie de la science. Le travail est, comme nous disions, le produit de la force par le chemin parcouru dans la direction de cette force. Dans le système des unités C G S, l'unité de travail est le travail d'une force qui, appliquée à l'unité de masse, produirait une accélération de 1 c. m. par seconde, pour un déplacement de 1 c. m. C'est donc le travail en nombres ronds d'un milligramme pour un déplacement de 1 c. m.

Si l'on considère un corps électrisé positivement et relié à la terre par un conducteur quelconque, l'électricité s'écoule dans la terre en vertu des actions répulsives qui prennent naissance et fournit ainsi un certain travail. Si le corps en question était électrisé négativement, ce serait le contraire qui se produirait dans les mêmes conditions ; le corps prendrait au sol de l'électricité positive. Le travail

électrique auquel donne lieu cette action mutuelle de la terre et du corps électrisé, caractérise l'état électrique de ce dernier corps. Le travail que nous dépensons pour amener l'unité de quantité électrique positive de la terre au corps K, ce travail nous l'appellerons le potentiel du corps K (1).

Dans le système des unités CGS, le potentiel du corps K aura pour expression + 1, si nous dépensons un travail égal à un pour élever de la terre au corps l'unité de quantité d'électricité ; l'expression du potentiel dans les mêmes conditions devient — 1 si le travail est récupéré au lieu d'être dépensé, et enfin cette expression est *o* lorsqu'il n'y a pas de travail du tout. Les diverses parties d'un corps qui est dans un état d'équilibre électrique sont au même potentiel, sans quoi l'électricité se déplacerait en fournissant du travail, et l'équilibre ne pourrait exister. Si l'on relie entre eux deux conducteurs dont les potentiels ont la même valeur, ces conducteurs ne peuvent ni céder ni prendre l'un à l'autre de l'électricité ; il serait aussi difficile de concevoir une transmission de chaleur entre deux corps en contact qui seraient à la même température, ou l'écoulement d'un liquide entre deux vases dont le niveau serait le même.

Pour qu'il y ait passage de l'électricité d'un conducteur à un autre, il faut qu'il y ait différence de potentiel, et pour des conducteurs de formes et de dimensions données, la recombinaison des deux électricités à travers l'air avec production d'étincelles ne peut prendre naissance que lorsque cette différence de potentiel atteint une valeur déterminée.

Deux conducteurs reliés l'un à l'autre se mettent immédiatement au même potentiel, ce qui fournit le moyen de mesurer le potentiel d'un conducteur à l'aide d'un autre conducteur spécialement choisi, et qu'on designe sous le nom d'électromètre : l'électromètre est à l'électricité ce que le thermomètre est à la chaleur. Cette manière de déterminer le potentiel d'un corps apporte, comme il est facile de s'en rendre compte, une très grande clarté dans l'étude des phénomènes électriques.

Supposons un conducteur électrisé positivement. Augmentons dans le rapport de 1 à 2 toutes les forces électriques que ce corps exerce sur un point dont la charge est égale à un ; nous avons doublé la quantité d'électricité de chaque élément, et par suite la charge totale, mais il est évident que l'équilibre électrique n'en persiste pas moins. Si nous approchons maintenant ce conducteur du point précédemment défini, et que nous supposerons électrisé positivement, nous voyons que ce mouvement est contrarié par une force de répulsion double de la première, et qu'il nous faut par conséquent dépenser un travail double ; il en résulte que le potentiel du conducteur est devenu double en même temps que sa charge, ou qu'en d'autres termes le potentiel croît proportionnellement à la charge. Nous pouvons donc, en appelant Q la quantité totale d'électricité d'un corps et V son potentiel, écrire :

$$Q = CV$$

expression dans laquelle C est une constante dont la signification est facile à concevoir. En effet, on a

$$C = \frac{Q}{V}$$

c'est le quotient de la quantité totale d'électricité par le nombre d'unités de potentiel, c'est-à-dire la quantité électrique qui correspond à l'unité de potentiel. Nous donnerons le nom de capacité du conducteur à la quantité C ainsi définie, et nous nous trouverons ainsi avoir substitué à la mesure relative de la capacité sa mesure absolue (1).

Il est des cas simples où l'on trouve sans difficulté la relation qui lie la charge, le potentiel et la capacité. Soit, par exemple, une sphère de rayon r libre au sein d'une grande masse d'air. Comme il n'y a pas de conducteur dans le voisinage de la sphère, en vertu de l'hypothèse précédente, la charge q se répand uniformément sur la surface, et des considérations empruntées à la géométrie élémentaire, font voir que le potentiel V a pour expression

$$V = \frac{q}{r}$$

Dans ces conditions, on a

$$r = \frac{q}{V}$$

la capacité a donc le rayon pour mesure et s'ex-

(1) Sous cette forme simple, la définition de potentiel peut donner lieu à des méprises, aussi la fait-on généralement suivre de quelques explications. Il est évident qu'on ne peut ajouter une quantité d'électricité à K sans changer le partage de l'électricité et le potentiel du corps K. Il faut donc se figurer la charge de K comme maintenue invariable et ajouter une quantité d'électricité assez faible pour qu'il n'en résulte aucune variation appréciable : on dépense un certain travail. Le potentiel sera représenté par autant de fois ce travail que la quantité élémentaire sera contenue de fois dans l'unité de quantité. En d'autres termes, si dW est le travail dépensé pour déplacer l'élément dQ de quantité positive de la terre sur le conducteur K, le potentiel V de ce conducteur K aura pour expression : $V = \frac{dW}{dQ}$.

(1) Il y a une certaine analogie entre les notions de capacité calorifique et de capacité électrique ; il faut pourtant se garder de perdre de vue les différences qui existent entre ces deux notions. La capacité calorifique d'un corps ne dépend que du corps lui-même. La capacité électrique au contraire d'un corps K peut être modinée par les corps voisins, puisque la charge de ces corps peut faire varier le potentiel de K. Pour définir d'une façon absolument nette la capacité C d'un corps K, nous dirons que C est égal au rapport $\frac{Q}{V}$ pour une position déterminée de tous les corps voisins, et en supposant que tous les conducteurs placés dans le voi-

prime par conséquent en centimètres dans le système des unités CGS [2]. Il est également clair que, du moment que le potentiel est le quotient d'une quantité par une longueur, la quantité doit être le quotient d'un potentiel par une longueur.

Imaginons (fig. 10) une bouteille formée de deux surfaces sphériques de rayons r et r_1 séparées par une couche d'air. Si l'on relie la sphère extérieure au sol et que l'on vienne à charger la sphère intérieure à l'aide d'un fil isolé très fin, avec une quantité Q d'électricité, on aura dans ces conditions :

$$V = \frac{r_1 - r}{r_1 r} Q$$

et la capacité $\frac{r_1 r}{r_1 - r}$ devient, pour $r = 16$ et $r_1 = 19$, égale à 100 c. m. environ.

Nous allons nous appuyer sur ces cas simples pour aborder le principe de la détermination de la capacité et du potentiel. La bouteille de capacité

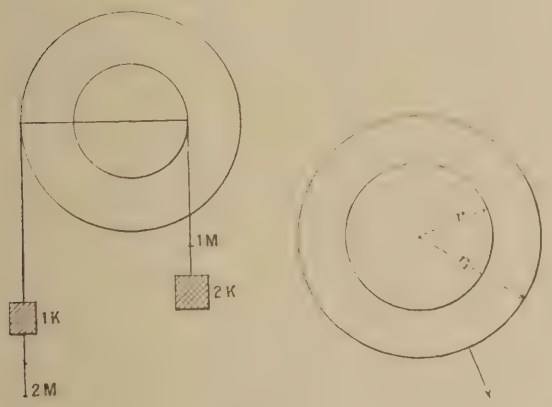


FIG. 9 ET 10

connue, représentée fig. 10, va nous servir de jauge pour déterminer la capacité d'une bouteille ordinaire F; le dispositif de l'expérience a été décrit plus haut. Nous trouvons, par exemple, qu'il faut 37 décharges de la bouteille-étalon, dont la capacité est 100, pour charger la bouteille F, de façon à produire la même étincelle, c'est-à-dire pour avoir le même potentiel. Il en résulte que la capacité de la bouteille F est de 3 700 c. m. La grande batterie de l'Institut de physique à Prague, composée de 16 bouteilles semblables à F, possède par conséquent une capacité d'un peu plus de 50 000 c. m.; cette capacité est un peu supérieure à celle d'une sphère librement suspendue dans l'air et ayant un diamètre de 1 kilomètre. Ces remarques font ressortir le grand avantage que présente la bouteille de Leyde, au point de vue de l'emmagasinement de l'électricité, sur un conducteur ordinaire. En fait, une bouteille ne diffère d'un conducteur, comme le faisait déjà voir Faraday, que par sa capacité.

Pour la détermination du potentiel, imaginons une bouteille F (fig. 11), dont l'armature externe est reliée au sol à l'armature interne mise en communication au moyen d'un fil long et fin, avec une sphère K librement suspendue dans une masse d'air assez considérable pour que le rayon de K devienne négligeable par rapport à cette masse. La bouteille et la sphère se mettent immédiatement au même potentiel. Pour peu que les conditions de l'expérience soient bien réalisées, l'électricité se répand uniformément sur la surface de la sphère K.

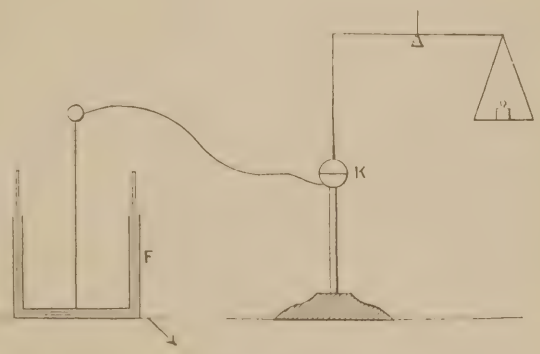


FIG. 11

Si la sphère de rayon r a une charge q, son potentiel est

$$V = \frac{q}{r}$$

Supposons que la sphère soit coupée en deux par un plan horizontal passant par le centre, et que la portion supérieure soit reliée à l'aide d'un fil de soie au fléau d'une balance de façon à se trouver parfaitement équilibrée : dès que la charge q se produit, la partie supérieure est repoussée avec une force P, qui a pour expression

$$P = \frac{q^2}{8 r^2} = \frac{1}{8} V^2$$

sinage de K soient reliés à la terre. Les cas que l'on envisage dans la pratique se présentent sous une forme bien plus simple. La capacité d'une bouteille de Leyde par exemple, dont l'armature interne est presque complètement embrassée par l'armature externe, demeure à peu de chose près constante, que les conducteurs voisins soient chargés ou non.

(2) On démontre facilement ces formules en s'appuyant sur la loi de Newton, en vertu de laquelle une couche sphérique homogène, dont les éléments exercent une action inversement proportionnelle au carré de la distance, produit une action nulle sur un point à l'intérieur de la sphère, et sur un point en dehors de la sphère une action égale à celle qu'on obtiendrait en supposant toute la masse concentrée au centre de la sphère. Les formules qui suivent dérivent de cette même loi.

Cette action répulsive peut être équilibrée par un poids et ainsi évaluée : le potentiel devient

$$V = \sqrt{8P} \text{ (1)}$$

Il était facile de prévoir que le potentiel serait proportionnel à la racine carrée de la force. En effet, nous avons vu que pour un potentiel double ou triple la charge en chaque élément devenait double ou triple également; il en résulte que l'action réciproque, en vertu de laquelle les éléments se repoussent, a augmenté dans le rapport de 1 à 4 ou de 1 à 9.

Prenons un exemple spécial. Je cherche à obtenir un potentiel égal à 40; quel poids me faudra-t-il ajouter en grammes à la moitié supérieure de la sphère pour faire équilibre à l'action répulsive? Un gramme correspondant à 1000 unités de force; nous écrivons l'égalité

$$40 \times 40 = 8 \times 1000 \times x$$

d'où nous tirons

$$x = 0{,}2 \text{ gramme}$$

On charge la bouteille. Dès que l'aiguille de la balance est déviée, le potentiel se trouve atteint ou plutôt dépassé, et l'on peut voir, en déchargeant la bouteille, la longueur d'étincelle qui prend naissance pour un potentiel 40 (1).

(1) L'énergie d'une sphère de rayon r, chargée avec une quantité d'électricité q, est égale à $\frac{1}{2}\frac{q^2}{r}$. Pour un accroissement dr du rayon, il y a perte d'énergie, et le travail produit est exprimé par $\frac{1}{2}\frac{q^2}{r^2}dr$. Si nous désignons par p la pression électrique uniforme qui s'exerce sur l'unité de surface de la sphère, ce même travail a aussi pour expression $4r^2\pi p dr$, d'où l'on tire

$$p = \frac{1}{8r^2\pi}\frac{q^2}{r^2}$$

Pour qu'il y ait équilibre de l'hémisphère considéré, et qui peut être assimilé à un corps placé dans un milieu liquide, il faut que cet hémisphère soit soumis à une même pression en tous les points de sa surface. L'action exercée par la balance sera donc égale à l'effort p, appliqué sur la surface d'un grand cercle; or, on a

$$r^2\pi p = \frac{1}{8}\frac{q^2}{r^2} = \frac{1}{8}V^2$$

(1) La disposition qui vient d'être décrite est impropre, et cela pour plus d'une raison, à la mesure du potentiel. L'électromètre absolu de Thompson est une modification très remarquable de la balance de Harris et de Volta. Il se compose essentiellement de deux grands disques parallèles, dont le premier est relié à la terre et le second chargé au potentiel que l'on veut mesurer. Une petite pièce mobile f, faisant partie de la surface de ce dernier disque, est suspendue à la balance et détermine l'attraction P. Pour un écartement D des disques, on a

$$V = D\sqrt{\frac{8\pi P}{f}}$$

Dans une machine, la longueur d'étincelle croît avec le potentiel sans que pourtant il y ait proportionnalité. La longueur d'étincelle augmente plus rapidement que la différence de potentiel. Pour la machine que vous avez sous les yeux, une étincelle de 1 c. m. correspond à une différence de potentiel égale à 110 : on peut facilement amener cette différence à être dix fois plus grande. On se rend compte des différences de potentiel énormes qui prennent naissance dans la nature quand on pense que les orages donnent lieu à des éclairs qui mesurent plusieurs kilomètres. Dans les batteries galvaniques, les différences de potentiel sont notablement plus faibles, puisqu'il faut plusieurs centaines d'éléments pour fournir une étincelle microscopique.

Nous allons maintenant mettre à profit les notions acquises pour aborder un autre côté des phénomènes électriques et mécaniques, et déterminer l'énergie potentielle ou le travail disponible dans un conducteur chargé, dans une bouteille, par exemple.

Lorsqu'on emmagasine de l'électricité sur un

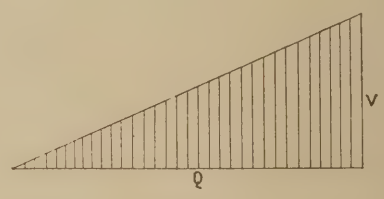


FIG. 12

conducteur, ou, pour parler un langage plus scientifique, lorsque l'on dépense un certain travail pour produire une force électrique, cette force est capable de restituer le travail qui a servi à la produire. Quelle est donc la quantité d'énergie et de travail disponible sur un conducteur dont la charge Q et le potentiel V sont connus?

Nous supposerons la charge Q divisée en un grand nombre de charges élémentaires q, q_1, q_2, ... que l'on élève, pour ainsi dire, l'une après l'autre sur le conducteur considéré. La première charge q exige un travail insignifiant et produit un potentiel V_1; la seconde charge demande déjà un travail $q_1 V_1$, et les charges suivantes des travaux de plus en plus considérables $q_2 V_2$, $q_3 V_3$, etc.

Comme le potentiel s'élève jusqu'à V proportionnellement à l'ensemble des charges élémentaires, le travail total dépensé qui peut être représenté par une construction graphique (fig. 12) aura pour expression

$$W = \frac{1}{2}QV$$

et correspond à l'énergie totale du conducteur chargé. En se reportant à l'égalité $Q = CV$ dans

laquelle C est la capacité du conducteur, on écrira

$$W = \frac{1}{2} C V^2, \text{ ou bien } W = \frac{Q^2}{2C}$$

On se familiarise avec ces notions en comparant les faits dont il s'agit à d'autres faits d'un ordre purement mécanique.

Lorsque nous refoulons graduellement, au moyen d'une pompe, une masse liquide dans un cylindre (fig. 13), le niveau s'élève petit à petit dans ce dernier cylindre. L'effort à développer sur le piston augmente avec la hauteur du niveau et réciproquement le travail dépensé pour élever la masse Q à une altitude h est récupéré lorsque l'eau s'écoule en vertu de son poids. Dans ce cas, le travail fourni correspond à la chute du poids Q supposé concentré au centre de gravité, c'est-

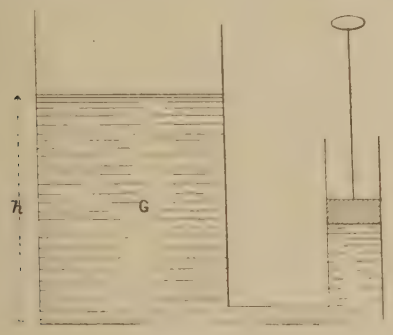


FIG. 13

à-dire à une hauteur moyenne égale à $\frac{h}{2}$ et s'exprime par l'égalité

$$W = \frac{1}{2} Q h$$

et comme $Q = Kh$, c'est-à-dire comme le poids est proportionnel à la hauteur du liquide on a

$$W = \frac{1}{2} K h^2, \text{ ou encore } W = \frac{Q^2}{2K}$$

Faisons une application à la bouteille dont nous avons précédemment évalué la capacité.

Nous avons pour la capacité $C = 3\,700$ et pour le potentiel $V = 110$. La quantité Q et l'énergie W se calculent facilement.

$Q = CV = 407\,000$ unités électrostatiques.

$W = \frac{1}{2} QV = 22\,385\,000$ unités de travail CGS.

Nous nous faisons difficilement une idée nette de cette unité de travail du système CGS, habitués que nous sommes à opérer sur des poids. Si l'on prend pour unité de travail le gramme-centimètre, c'est-à-dire l'effort d'un gramme sur une distance de 1 cent cette unité est en nombres ronds 1 000 fois plus grande que la précédente et l'expression numérique de W devient 1 000 fois plus petite. Si enfin nous passons à l'unité pratique qui est le kilogrammètre, le chemin parcouru devenant 100 fois plus grand et l'effort 1 000 fois supérieur. Nous diminuons encore l'expression de W dans le rapport de 1 à 100 000 et l'on se trouve finalement avoir

$$W = 0{,}22 \text{ kilogrammètre,}$$

travail qu'il est aisé de se représenter puisque c'est celui que produit un kilogramme tombant d'une hauteur de 22 cent. C'est là le travail dépensé pour effectuer la charge de la bouteille; à la décharge ce travail se manifeste sous forme de détonation, de rupture mécanique des isolants, de lumière, de chaleur, etc.

La grande batterie de l'Institut de physique dont il a été question plus haut et qui se compose de 16 bouteilles chargées au même potentiel, donne lieu à une décharge d'un effet imposant sans toutefois produire un travail supérieur à 3 kilogrammètres.

Dans le développement des principes qui viennent d'être exposés, nous sommes sortis un peu des limites que nous nous étions imposées à l'origine. Cela tient à ce que les phénomènes physiques présentent entre eux un grand nombre de points communs, de sorte qu'on peut suivre plusieurs chemins pour arriver au même but. Si l'on envisage plus spécialement les phénomènes électriques, on ne tarde pas à s'apercevoir que ces phénomènes ont un rapport tellement intime avec l'ensemble des faits d'expérience que l'étude de l'électricité pourrait, à juste titre, s'appeler l'étude des rapports qui existent entre les phénomènes généraux de la physique. Voici quelques considérations qui mettent bien cette idée en lumière.

Au point de vue de la conservation de l'énergie, j'indiquerai brièvement deux méthodes qui permettent d'établir le parallèle entre les phénomènes électriques et les phénomènes mécaniques.

Il y a quelques années, le professeur Rosetti a déterminé à l'aide d'une machine à influence mue par un poids, la relation entre le travail dépensé et l'électricité engendrée. La machine tournait à la même vitesse, tantôt sans développer et tantôt en développant de l'électricité : en évaluant dans les deux cas le travail mécanique fourni, il était facile d'en conclure le travail absorbé par le frottement d'une part, et celui utilisé à produire de l'électricité de l'autre.

J'ai répété cette expérience en la modifiant d'une façon que je crois avantageuse. Au lieu de mesurer séparément la perte de travail due au frottement, j'ai disposé l'appareil de telle manière que cette perte s'éliminât d'elle-même et qu'il n'y eût pas besoin d'en tenir compte dans les mesures. Le disque que l'on appelle disque fixe de la machine et dont l'axe de rotation est vertical se trouve

suspendu comme un lustre par trois fils verticaux de longueur égale l et placés à une distance r de l'axe. Lorsque la machine est en mouvement, le disque, qui représente un frein de Prony, tourne sous l'influence du disque mobile d'un angle α; son moment de torsion a pour expression

$$D = \frac{P r^2}{l} \alpha.$$

en appelant P le poids du disque [1]. Un miroir disposé sur le disque permet de lire l'angle α. Au bout de n tout le travail dépensé est égal $2\pi n D$.

Si l'on ferme la machine sur elle-même, comme le faisait Rosetti, on obtient un courant continu qui présente tous les caractères d'un courant galvanique faible, c'est-à-dire qu'il y a déviation lors-

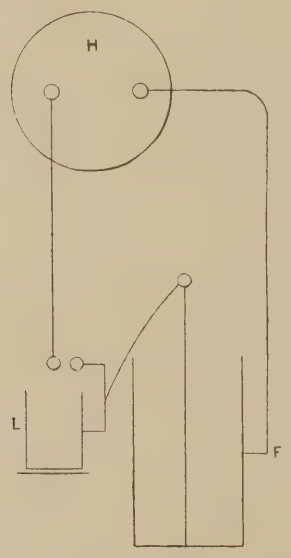


FIG. 14

qu'on intercale un multiplicateur et ainsi de suite. On a le moyen de mesurer directement le travail mécanique nécessaire pour entretenir ce courant.

Charge-t-on à l'aide de cette même machine une bouteille, l'énergie disponible et qui peut être appliquée à produire des étincelles, à rompre des isolateurs, etc., n'est plus qu'une partie du travail mécanique total dépensé : une portion de ce travail a été absorbé par le circuit. C'est là, comme on voit, un véritable exemple en petit de transmission de force ou plutôt de travail. Et, en fait, on retrouve ici, au point de vue du rendement économique, les mêmes lois que pour de grandes machines dynamo-électriques [1].

Il est un autre moyen d'observer l'énergie électrique : ce moyen consiste à transformer cette énergie en chaleur. Riess s'est livré à des recherches de ce genre en faisant usage de son thermomètre électrique à air, et cela à une époque où la théorie mécanique de la chaleur était loin d'être aussi répandue qu'aujourd'hui.

Si l'on vient à décharger une bouteille de Leyde à travers le fil de platine qui réunit les deux boules du thermomètre à air, on constate qu'il se produit un développement de chaleur proportionnel à l'expression qui nous est déjà connue

$$W = \frac{1}{2} QV.$$

Bien qu'on n'ait pu arriver encore à transformer l'énergie totale en chaleur mesurable attendu que les étincelles qui prennent naissance à travers l'air et en dehors du thermomètre absorbent une partie de cette chaleur, tout porte à croire que la chaleur totale développée dans l'ensemble des conducteurs y compris l'étincelle en équivalente au travail $\frac{1}{2}$ QV.

Il importe peu au point de vue de l'exactitude de cette loi que l'énergie électrique soit transformée d'un seul coup ou petit à petit. Supposons par exemple que l'on prenne deux bouteilles égales dont l'une ait une charge Q au potentiel V. L'énergie disponible se trouve être $\frac{1}{2}$ QV. Si l'on vient à décharger cette bouteille dans l'autre on a une capacité double et le potentiel tombe de V à $\frac{V}{2}$. L'énergie disponible n'est plus que $\frac{1}{4}$ QV : donc $\frac{1}{4}$ QV a

(1) Ce moment de torsion doit être corrigé à cause de l'attraction électrique du plateau en mouvement. On y arrive en augmentant le poids du disque à l'aide de poids dont on le charge, et en faisant une deuxième lecture d'angle.

(1) Dans cette expérience, la bouteille se conduit comme un accumulateur chargé par une machine dynamo-électrique. Il est facile de se rendre compte du rapport qui existe entre le travail dépensé et le travail utilisé.

Supposons une machine de Holtz (fig. 14) chargeant une bouteille à jauge L, de telle sorte qu'après n décharges de la bouteille L correspondant chacune à une quantité q et à un potentiel v, la bouteille F se trouve chargée avec la quantité Q et le potentiel V. L'énergie des décharges L est perdue, et l'énergie de F seule disponible.

Le rapport entre le travail disponible et le travail total fourni est donc

$$\frac{\frac{1}{2} QV}{\frac{1}{2} QV + \frac{n}{2} q v}. \text{ et comme } Q = nq \text{ ce travail est aussi } \frac{V}{V+v}.$$

Si l'on supprime la bouteille L, il n'en est pas moins vrai que les différentes pièces de la machine et les conducteurs jouent le même rôle que L et la formule garde sa forme

$$\frac{V}{V + \sum v},$$

expression dans laquelle $\sum v$ représente la somme de toutes les différences de potentiel qui se succèdent dans le circuit.

été transformé en chaleur par les étincelles de la décharge. Comme cette énergie $\frac{1}{4}$ QV se partage également en deux, chaque bouteille est capable de fournir à la décharge une quantité de chaleur égale à $\frac{1}{8}$ QV.

Nous nous sommes bornés à décrire les phénomènes électriques dont la connaissance a précédé les découvertes de Volta : cette forme de l'électricité a reçu le nom, médiocrement heureux d'ailleurs, d'électricité statique ou d'électricité de tension. Mais il est superflu de faire remarquer que la nature intime de l'électricité est partout et toujours la même et qu'il serait illusoire de chercher une différence de principe entre l'électricité statique et l'électricité voltaïque. Les différences que présentent entre elles ces deux séries de phénomènes sont d'un ordre purement quantitatif, et comme les côtés saillants ne sont plus les mêmes, les phénomènes nous paraissent pour ainsi dire nouveaux. C'est ainsi que dans l'électrodynamique les actions magnétiques sont très apparentes, tandis que l'attraction et la répulsion statiques passent presque inaperçues; tandis qu'on observe l'inverse dans l'électrostatique. En fait, un multiplicateur permet de constater l'action magnétique d'un courant de décharge dans la machine à influence, pourtant il est difficile d'admettre que jamais cette action eût été découverte dans ces conditions. Il est de même probable que l'influence statique des pôles d'un élément galvanique n'eût jamais attiré l'attention des savants, si d'autres expériences n'avaient déjà mis en lumière cette propriété de l'électricité.

Si l'on veut caractériser à grands traits les deux séries de phénomènes, on dira que les premiers mettent en jeu des potentiels élevés et de faibles quantités et les seconds, au contraire, de grandes quantités et des potentiels faibles. Une bouteille qui se décharge et un élément de pile présenteraient en quelque sorte la même analogie que le fusil à vent et le soufflet d'orgue. Le premier donne tout à coup une petite quantité d'air à une haute pression, tandis que le second fournit petit à petit et sous une pression très faible de grandes masses d'air.

En principe, rien n'empêcherait de conserver pour l'électricité dynamique les mesures électrostatiques et d'évaluer l'intensité d'un courant en fonction du nombre d'unités électrostatiques qui traversent par seconde la section droite du conducteur : mais ce système serait peu pratique à deux points de vue. On négligerait les propriétés magnétiques du courant qui viennent si puissamment en aide aux mesures pour adopter un système dont l'application à la mesure des courants est aussi difficile que peu exacte. En second lieu, on se trouverait avoir fait choix d'une unité beaucoup trop petite et l'on se créerait les mêmes embarras qu'un astronome qui voudrait mesurer les distances planétaires en prenant le mètre pour unité, au lieu de prendre le rayon ou le diamètre de la terre. On trouverait en effet qu'un courant, égal à une unité dans le système des unités magnétiques (C.G S.) aurait sa section traversée par 30.000.000.000 (trente mille millions), unités électrostatiques par seconde. Il faut donc absolument chercher d'autres mesures : mais ce sont des considérations d'un nouvel ordre qui sortent du sujet que je me suis imposé.

FAITS DIVERS

Le 22 janvier dernier, la chambre des représentants à Washington a voté deux projets de loi qui auront une très grande influence sur la valeur des inventions brevetées qui ne sont pas directement des applications industrielles. Le premier, qui règle la procédure des actions en nullité de brevets, force le plaignant à supporter tous les frais d'un procès en contrefaçon, lorsque les dommages et intérêts accordés par le jugement ne dépassent pas la somme de 100 francs. Le plaignant est également obligé à déposer un cautionnement au commencement du procès, en garantie des frais qu'il pourra avoir à payer, ainsi que d'une somme de 250 francs pour les honoraires de l'avocat de son adversaire, qui lui incombent si le tribunal donne raison à ce dernier.

Le second bill décide que l'emploi d'un article breveté acheté publiquement et pour un usage personnel n'entraînera aucune amende pour l'acheteur, le fabricant et le vendeur étant seuls responsables.

Le comité des brevets a justifié ces deux lois par les inconvénients qu'il y a à donner la propriété exclusive des brevets à des personnes qui ne les exploitent pas. Les lois ont été adoptées à une grande majorité par la chambre (114 voix contre 6), mais le Sénat ne s'est pas encore prononcé et pourrait bien ne pas être du même avis, car l'effet en serait la déchéance de tous les brevets pris pour des articles d'utilité domestique, comme lampes, piles électriques, outils, etc.

MM. Siemens et Halske se sont dernièrement servi de deux machines dynamo, du type Siemens D 8, pour la ventilation des mines de Carola, en Saxe, l'une étant à l'ouverture du puits, l'autre sous terre acouplée au ventilateur. L'armature de la première est reliée directement à l'arbre du moteur, une machine à vapeur rotative Dolgorouki de 2 1/2 chevaux avec une pression effective de 3 1/2 atmosphères. Le conducteur qui relie les deux machines a une longueur de 2 500 pieds, c'est un fil de cuivre de 0 28 pouces de diamètre, porté par des isolateurs en grès. Le fil de retour consiste en partie en une corde en acier de 1 18 pouces de diamètre, l'autre partie étant en cuivre. La seconde dynamo actionne le ventilateur par une courroie, son arbre fait 124 tours pour 100 tours de ventilateur. Celui-ci est centrifuge à roue d'environ 3 pieds 3 pouces de diamètre. La perte totale de force de circuit est à peu près de 46 0/0, les frais montent à 7 fr. 80 c. par jour.

Des expériences ont été faites sur le chemin de fer de Saratoga and Lake George avec la locomotive électrique de M. Daft.

Éclairage électrique

L'administration de l'assistance publique a décidé de faire des expériences d'éclairage électrique par des lampes à incandescence dans les salles des malades de l'Hôtel-Dieu, l'hôpital possédant déjà des machines Gramme et un moteur à vapeur.

On annonce que la Gülcher Electric Light C° va entreprendre l'éclairage de Crystal Palace, à Londres, avec 75 lampes à arc. Le prix stipulé paraît être extrêmement modéré, puisque on parle d'une somme de 12 500 francs par an.

Des expériences d'éclairage électrique fort intéressantes vont avoir lieu prochainement à Wimbledon, près de Londres, dans le but de chercher la meilleure manière d'éclairer les rues ; on déterminera la valeur réciproque de l'éclairage à arc et à incandescence, la meilleure distribution des lampes et la manière la plus effective et économique de répandre la lumière. Le moteur et la dynamo sont déjà sur les lieux.

Les expériences seront faites sous la direction de M. Preece qui ne s'attachera ni à un système spécial, ni à des intérêts quelconques, de sorte que les résultats auront une véritable valeur scientifique.

La lumière électrique a été installée dans la fabrique de MM. Peel frères, à Thornton, près de Bradford. Une machine Crompton-Bürgin, du type C, fournit le courant à 5 lampes à arc Crompton-Crabbe.

Les moulins à blé de MM. Reynolds et Haslegrave, à Wakefield, sont éclairés avec des lampes à incandescence. L'installation comprend une machine dynamo-autorégulatrice Crompton-Bürgin et 50 lampes Swan de 20 bougies. Ces lampes sont placées parmi les machines de l'établissement et dans beaucoup d'endroits absolument inaccessibles au gaz. Le résultat est des plus satisfaisants.

L'exposition des beaux-arts à Cardiff est éclairée par des lampes à arc et à incandescence, pour lesquelles le courant est fourni par la station centrale de la Great Western Electric Light C°. Il y a 56 lampes à incandescence et 8 lampes à arc distribuées dans les salons.

A l'occasion de l'exposition sanitaire à Berlin, le pavillon de la Compagnie Edison, le café Bauer, la cuisine militaire et le restaurant étaient éclairés avec les lampes Edison. Sur le dôme du pavillon, le nom de M. Edison était formé de grandes lettres composées de lampes. Par un commutateur, on pouvait rapidement intercaler une lettre après l'autre dans le circuit, la dynamo n'étant chargée que de deux lettres à la fois. Les épaulettes du portier étaient formées de lampes à incandescence et une autre était placée sur sa casquette. Ces lampes étaient en communication avec des plaques de cuivre sous ses talons, de sorte qu'en se plaçant sur des plaques pareilles dans le parquet, l'homme complétait le circuit et les lampes s'allumaient au grand étonnement des visiteurs qui ne comprenaient pas d'où venait le courant. La Compagnie a déjà placé les piles dans plusieurs grands cafés et d'autres établissements, qui seront éclairés dès que la construction de la station centrale sera achevée, sans compter de nombreuses installations dans toute l'Allemagne.

Nous lisons dans l'*Electrician* que M. Edison vient de perfectionner son système d'éclairage électrique en y ajoutant un troisième conducteur principal par lequel il obtient, paraît-il, une économie de 62 1/2 pour cent de la quantité de cuivre nécessaire pour les conducteurs. La force électromotrice généralement employée dans le système Edison est de 110 volts. En plaçant deux dynamos en série avec un conducteur partant de chacun des bornes extérieures et un troisième fil d'un point entre les bornes, la force électromotrice est augmentée à 220 volts. Les lampes Edison étant construites pour un courant de 110 volts, il devient nécessaire de placer dans chaque série deux lampes qu'il aurait fallu allumer et éteindre ensemble, n'était le perfectionnement du troisième fil, par lequel on peut éteindre chaque lampe séparément en alternant les maisons mises en circuit entre le premier et le deuxième, et le deuxième et troisième fil. La tension du courant dans chaque maison peut être maintenue à 110 volts, et on obtient toujours la réduction de la quantité de cuivre dans les conducteurs principaux en réalisant une grande économie dans les installations centrales.

Télégraphie et Téléphonie

Le ministère des postes et télégraphes annonce que les télégrammes privés pour Souakim doivent être écrits en français, anglais ou italien, et se rapporter clairement à des transactions particulières ou commerciales.

Aucune décision n'a été prise encore par le gouvernement anglais au sujet de la réduction du prix des télégrammes dans ce pays. Il propose d'établir la taxe minimum à six pence avec une adresse de huit à dix mots libres, mais la date de cette réforme ne sera pas décidée avant la discussion du budget par le Parlement.

En vue de la réduction du prix des dépêches en Angleterre et de l'augmentation probable de la correspondance télégraphique qui en sera la conséquence, on construit en ce moment 80 nouvelles lignes qui iront de Londres dans les différentes provinces.

Le câble entre Maranham et Para est interrompu.

En 1878, il y avait au Cap 1 512 kilomètres de fils télégraphiques en opération avec 22 bureaux qui ont transmis 45 534 dépêches. En 1882, le système télégraphique s'était développé si rapidement que le réseau comprenait 5 546 milles de lignes représentant 11 122 mille de fil avec 128 bureaux et 621 269 dépêches.

La ligne télégraphique entre Yicotoncatl et Tampico, Vera-Cruz, vient d'être livrée au public.

Le bateau à vapeur *Faraday* a dû revenir de Weymouth avec le nouveau câble, ayant perdu son hélice.

Afin d'éviter à l'avenir toute interruption, la Direct Spanish Telegraph C° va faire placer un deuxième câble entre Bilbao et l'Angleterre.

Une communication télégraphique est maintenant établie avec la Corée.

Le Gérant : A. Noaillon.

Paris. — Imprimerie P. Mouillot, 13, quai Voltaire. — 45890

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

51, rue Vivienne, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : AUG. GUEROUT | ADMINISTRATEUR : HENRY SARONI

6e ANNÉE (TOME XI) SAMEDI 8 MARS 1884 N° 10

SOMMAIRE

Sur le chauffage des édifices au moyen de la force motrice et du courant électrique; G. Lippmann. — Les ombres électriques; H. de Rothe. — Les machines à vapeur rapides (2e article); G. Richard. — A propos de la distribution Gaulard et Gibbs; O. Kern. — L'électricité en médecine (4e article); Dr A. Tripier. — Revue de l'Exposition de Vienne. — Les machines électriques (2e article); Aug. Guerout. — Chronique de l'étranger: Angleterre; J. Munro. — Revue des travaux récents en électricité. — Cloche vibrant électriquement. — Sur les communications téléphoniques. — La construction de la lampe Edison. — Horloge électrique de M. G. Herotizky. — Sur le phénomène de Hall, par M. Shelford Bidwell. — Notes sur l'électricité atmosphérique, par M. Lephay. — Faits divers.

SUR LE CHAUFFAGE DES ÉDIFICES

AU MOYEN DE

LA FORCE MOTRICE

ET

DU COURANT ÉLECTRIQUE

Si l'on se propose de chauffer un édifice en consommant du charbon, le moyen le plus économique paraît être au premier abord de brûler ce charbon dans un appareil de chauffage convenablement disposé. Si l'on arrivait à supprimer toute perte de chaleur, de manière que la totalité de la chaleur dégagée par la combustion soit employée à chauffer l'air contenu dans l'édifice, on aurait, semble-t-il, atteint le maximum d'économie.

Et cependant, il n'en est rien : on peut aller beaucoup plus loin. Dès 1853, Sir W. Thomson [1] a établi que l'on peut, en brûlant un kilogramme d'un combustible qui dégage par kilogramme 7 000 calories, fournir à l'air d'un édifice une quantité de chaleur égale à 20 ou 30 fois 7 000 calories. Il est nécessaire à cet effet de convertir en travail mécanique une partie de la chaleur dégagée par la combustion. L'idée de Sir W. Thomson n'a point été appliquée jusqu'à présent; mais elle n'a rien perdu de son intérêt; elle est même devenue d'une réalisation plus facile depuis que l'électricité permet de distribuer l'énergie à domicile. Nous allons montrer que la distribution de l'énergie par le courant électrique constitue même un mode de chauffage à domicile des plus économiques.

L'idée de Sir W. Thomson consiste à employer une force motrice, non point à créer de la chaleur, mais à *transporter* de la chaleur d'un corps froid sur le corps que l'on veut chauffer au moyen d'une machine. Il est bien clair d'abord qu'il serait peu avantageux de transformer simplement en chaleur la force motrice due à la combustion du charbon. En effet, une bonne machine à vapeur ne convertit en travail qu'une fraction (un dixième environ) de la chaleur produite dans le foyer; si l'on se bornait à retransformer ce travail, en chaleur, soit par le frottement, soit en faisant intervenir l'électricité, on retrouverait tout au plus la petite quantité de chaleur convertie en travail, et qui n'est que le dixième de la chaleur de combustion.

Il faut donc procéder autrement. Tout le monde connaît les machines à faire de la glace : machines à acide sulfureux liquide, à ammoniaque liquide, à air comprimé. Toutes ces machines sont des appareils destinés à transporter de la chaleur d'un corps sur un autre.

Dans la machine à acide sulfureux, par exemple, l'acide sulfureux liquide, injecté dans un vase A, s'y volatilise, emprunte sa chaleur latente d'évaporation à ce vase et à l'eau qui l'entoure; puis la vapeur formée est reprise par une pompe, comprimée dans un vase B, où elle se liquéfie, et elle cède au vase B et au courant d'eau qui le traverse, la chaleur latente de liquéfaction. De sorte qu'en définitive, et grâce à l'intervention de la pompe et du moteur qui l'actionne, de la chaleur prise en A reparaît en B; de la chaleur a donc été transportée de A en B. Combien faut-il dépenser de travail mécanique pour produire ce transport ?

[1] Glasgow Phil. Soc. Proc. 1852. *Reprint of Mathematical papers*, p. 518.

La dépense de travail dépend de la différence de température qui existe entre les corps A et B. Dans le cas où cette différence serait nulle, la tension de la vapeur d'acide sulfureux serait la même dans les deux vases, et il suffirait d'un travail nul (abstraction faite des résistances passives) pour refouler la vapeur d'un vase dans l'autre. Si la différence de température va en croissant, il en est de même de la différence des forces élastiques de la vapeur et du travail absorbé. Si l'intervalle de température à franchir atteint une quinzaine de degrés, la quantité de chaleur transportée est environ 20 fois l'équivalent du travail dépensé : dans ces conditions on a transporté en B avec un travail donné, 20 fois plus de chaleur qu'on n'aurait pu en créer en transformant ce travail en chaleur. Si l'on suppose que A prenne de la chaleur à l'air ambiant, ou à l'eau de la rivière, et que B cède la chaleur qu'il reçoit à l'air d'un édifice que l'on veuille chauffer, on pourra donc fournir à cet air 20 fois l'équivalent du travail disponible. Si ce travail est fourni par une machine à vapeur et qu'il ne représente que le dixième de la chaleur dégagée dans le foyer, on aura donc fourni à l'air de l'édifice vingt fois ce dixième, c'est-à-dire le double de la quantité de chaleur totale produite par la combustion.

Au lieu d'une machine à acide sulfureux, on peut employer une machine à air dilaté : le mécanisme est différent, mais le résultat est le même. Dans la machine à air dilaté, de l'air se décomprime en A en absorbant de la chaleur, il est recomprimé en B en dégageant de la chaleur; en définitive, de la chaleur a été transportée de A en B, grâce à l'intervention d'un moteur, et la chaleur reçue en B est n fois l'équivalent du travail employé, n étant un coefficient que nous calculerons plus loin.

Pour fournir de cette façon de l'air chaud à un édifice, il faudrait donc opérer de la manière suivante : 1° recevoir l'air froid extérieur dans un corps de pompe A, et accroître son volume à température constante : pendant cette opération, l'air tend à se refroidir et il absorbe de la chaleur qui est prise au milieu ambiant; 2° faire passer cet air dans un corps de pompe B et le recomprimer à chaleur constante, et jusqu'à la pression atmosphérique. Pendant cette seconde opération, de la chaleur se dégage et l'air s'échauffe. Puis on refoulera dans l'intérieur de l'édifice l'air ainsi échauffé et ramené à la pression atmosphérique.

Si l'on veut calculer l'économie de ce procédé, il faut en établir d'une manière générale la théorie; et cette théorie est très simple, si l'on remarque que les appareils qui servent à transporter de la chaleur d'un corps froid en un corps chaud aux dépens d'un certain travail, peuvent être considérés comme des moteurs thermiques réversibles.

Ainsi, l'appareil réfrigérant à acide sulfureux est un moteur à vapeur d'acide sulfureux, mais avec cette particularité que la chaudière A est plus froide que le réfrigérant B. On peut encore dire, si l'on veut, que B est la chaudière, A le réfrigérant, mais que l'on oblige le moteur à marcher à contre-vapeur.

De même l'appareil réfrigérant à air comprimé n'est autre chose qu'un moteur à air dilaté fonctionnant à rebours. Ces divers appareils absorbent de la chaleur par un bout A, en dégagent par l'autre bout B, et, chemin faisant, ils produisent ou bien consomment du travail suivant le sens de la rotation. Ce sont toujours des moteurs thermiques; mais ils reçoivent différents noms, suivant l'usage que l'on en veut faire. On les appelle moteurs thermiques, machines à vapeur ou à air dilaté quand on les fait fonctionner de manière à récolter du travail ; on les appelle machines réfrigérantes quand on les fait fonctionner à rebours afin d'utiliser le froid produit en A. Ici nous proposons, avec sir W. Thomson, d'utiliser la chaleur dégagée en B pour le chauffage des édifices. Or, puisque ce sont des moteurs réversibles, on peut leur appliquer le principe de Carnot afin d'avoir leur coefficient économique, et particulièrement la valeur du rapport n indiqué plus haut.

Soit q la quantité de chaleur absorbée en A, q' la quantité de chaleur dégagée en B. La différence $q' - q$ représente la quantité créée par le travail moteur ; $q' - q$ est l'équivalent de ce travail.

Nous voulons savoir combien de fois la quantité de chaleur q' récoltée en B est plus grande que $q' - q$, c'est-à-dire que nous cherchons la valeur du rapport

$$n = \frac{q'}{q' - q} \tag{1}$$

Or, d'après les principes de Carnot on a

$$\frac{q}{T} - \frac{q'}{T'} = o, \tag{2}$$

T et T' étant les températures absolues en A et B; et comme d'autre part on a sensiblement

$$T = 273 + t \qquad T' = 273 + t',$$

T et T' étant les températures centigrades en A et B, il s'ensuit que l'on a

$$n = \frac{273 + t'}{t' - t}. \tag{3}$$

En résumé, t étant la température centigrade du milieu extérieur, t' la température à atteindre dans l'édifice chauffé; la chaleur dégagée est n fois l'équivalent du travail employé, n étant donné par la formule (3).

Comme exemple d'application, calculons quelques-unes des valeurs de n :

Température extérieure t	Température intérieure t'	Valeur de n
10° centigrades	17° centigrades	41
5° —	15° —	28
0° —	17° —	17

Si l'on veut appliquer les valeurs de n au calcul de la dépense de charbon, il y a deux cas à considérer.

Supposons d'abord que l'on dispose d'une machine à vapeur, et que l'on puisse employer sa force motrice à faire fonctionner la pompe à air dont nous avons parlé.

La machine à vapeur ne transforme en travail que $\frac{1}{10}$ environ de la chaleur dégagée dans le foyer; en outre, par suite de l'imperfection du mécanisme, la pompe à air n'utilise qu'une fraction (0,60 environ) du travail qui lui est fourni; en définitive, l'équivalent $q' - q$ du travail vraiment utilisé n'est que les 0,06 de la chaleur dégagée par la combustion.

Si l'on se met dans le cas défavorable de $n = 17$, on a pour la valeur de q'

$$q' = 17 \times 0{,}06 = 1{,}02.$$

Ici donc la quantité de chaleur emportée par l'air est un peu supérieure à la quantité totale de chaleur dégagée par la combustion. Pour $n = 41$, on aurait

$$q' = 41 \times 0{,}06 = 2{,}46.$$

On utiliserait 2 fois 1/2 environ la chaleur de combustion. Dans le cas moyen de $n = 28$

$$q' = 28 \times 0{,}06 = 1{,}68.$$

D'après ces nombres, on voit qu'il y aurait avantage, quand on veut à la fois éclairer et chauffer un grand édifice, à y installer un moteur à vapeur capable de produire en même temps ces deux effets. L'économie réalisée sur le chauffage couvrirait, dans certains cas, les frais de l'éclairage électrique.

Le second cas à considérer est celui d'une usine centrale distribuant le courant électrique, et par suite la force motrice à domicile. Si l'on transmet le travail à distance au moyen du courant, on en perd en route de 40 à 50 o/o par suite de la résistance du conducteur, du frottement, etc. C'est-à dire que l'on ne reçoit à domicile que la moitié environ du travail développé à l'usine centrale.

Les valeurs de n et de q', précédemment obtenues, doivent donc ici être divisées par 2.

Ainsi, à l'usine centrale, on ne transforme en travail que la fraction 0,1 de la chaleur de la combustion. On ne reçoit à domicile que les 0,50 du travail ainsi produit; on n'utilise réellement que les 0,6 du travail ainsi reçu, c'est-à-dire qu'en définitive on n'utilise que le produit des fractions $0{,}1 \times 0{,}50 \times 0{,}60$ ou seulement les 0,03 de l'énergie dégagée par le combustible. Mais on récolte une quantité de chaleur n fois plus grande, ou égale à $n \times 0{,}03$.

Dans le cas, par exemple, où $n = 28$, on a $q' = 0{,}74$, c'est-à-dire que, toutes réductions faites, l'air envoyé dans l'édifice reçoit une quantité de chaleur qui est les $\frac{74}{100}$ de la chaleur totale de combustion; il serait sans doute difficile de trouver un système de calorifère plus économique; si on brûlait à domicile le charbon consommé dans l'usine centrale, le combustible serait moins bien utilisé que par la voie indirecte dont nous avons parlé. Il est vrai que, d'autre part, nous n'avons pas cherché à tenir compte de la construction de la pompe à air; il nous suffit ici de montrer qu'en distribuant le travail à domicile, on se trouve avoir distribué en même temps la chaleur à domicile avec une réelle économie de combustible.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que si, à l'usine centrale, la vapeur est remplacée par une chute d'eau, l'économie du procédé de chauffage par compression devient bien plus considérable. On a alors

$$q' = \text{N.E.W.}$$

W étant le travail reçu à domicile, q' la quantité de chaleur récoltée, et E l'équivalant mécanique de la chaleur. Chaque cheval-vapeur reçu produit autant de chaleur que la combustion d'environ $\frac{n}{10}$ de kilogramme de charbon par heure, c'est-à-dire pour $n = 28$, par exemple, de 2 kil. 8 de charbon.

G. Lippmann.

LES OMBRES ÉLECTRIQUES

Les recherches du professeur Crookes sur la *matière radiante* en 1879 ont mis en évidence l'existence d'ombres électriques. Dans les tubes de Crookes dans lesquels la tension de l'air avait été réduite à des millionnièmes de la pression atmosphérique, on observait que des feuilles de métal découpées et introduites sur le chemin de la décharge projetaient des ombres contre la surface du verre. M. Crookes avait également observé le déplacement de ces ombres par un aimant.

En 1881, M. Holtz observa des phénomènes analogues, mais dans l'air ordinaire, au moyen d'une de ses machines bien connues. A l'un des conducteurs de la machine (fig. 1) était fixé un

disque en bois recouvert de soie, le conducteur opposé se terminait en pointe. Un conducteur découpé en forme de croix était interposé entre les deux. Le disque se recouvrait alors d'une faible lueur phosphorescente visible seulement dans une obscurité parfaite et sur laquelle l'ombre de la croix se détachait en noir. En découpant la croix à jour dans un disque (fig. 2) on avait au contraire une croix lumineuse sur fond obscur. En saupoudrant le disque d'une poudre fine, comme du lycopode, M. Holtz put même fixer ces ombres pendant quelque temps.

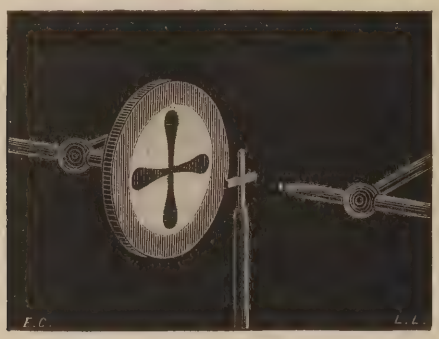


FIG. 1

A l'époque où furent publiées les expériences de Holtz, le prof. Silvanus Thompson eut l'occasion de s'en occuper et d'en faire un compte rendu pour le journal anglais *Nature*.

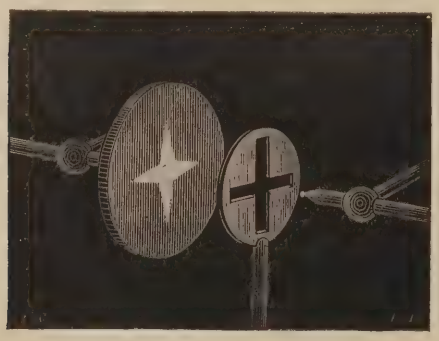


FIG. 2

Il terminait ce compte rendu en faisant remarquer que les figures obtenues avec la poudre de lycopode semblaient avoir une relation évidente avec celles obtenues par Wiedemann sur la surface de plusieurs corps au moyen de la décharge de la bouteille de Leyde par un conducteur pointu et il ajoutait qu'il serait intéressant de savoir si les ombres peuvent être produites également par ce procédé.

Cette suggestion n'a pas passé inaperçue et M. le prof. Aug. Righi de Padoue a fait sur ce sujet une série d'expériences dont M. J. P. Thompson a communiqué il y a quelque temps au journal *Nature* le résumé suivant.

Sous forme d'introduction, M. Righi discute la suggestion de M. Crookes sur la relation entre le chemin moyen libre des molécules et la distance de l'électrode à laquelle on peut encore percevoir la décharge radiante. Il fait observer que même dans les cas où le chemin moyen libre, déterminé par la température du gaz, est très court comme dans l'air sous la pression ordinaire, le mouvement des molécules gazeuses en entier pourrait bien se faire suivant des lignes presque droites d'une longueur considérable, puisque la force électrique dans l'espace où la décharge a lieu aura nécessairement une tendance à entraîner une molécule électrisée dans sa direction, et l'action sera la même que la charge reste sur une seule molécule,

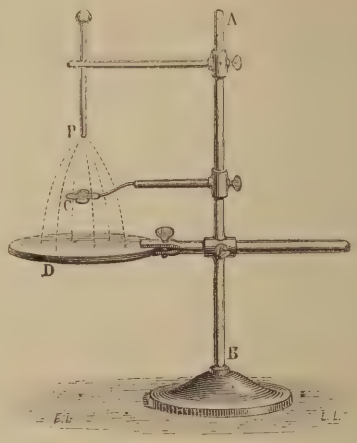


FIG. 3

ou se distribue entre les autres contre lesquelles elle peut se heurter dans sa course.

La seule question était donc de savoir si la vitesse imprimée par l'action électrique pourrait devenir relativement assez grande. Ceci dépend de la grandeur de la densité électrique à la surface du corps électrisé et par cette raison, M. Righi se servit d'une pointe très fine pour la décharge. La figure 3 donne les dispositions adoptée pour obtenir les ombres électriques par le procédé Righi. AB représente un support ordinaire à cornues en fer, pourvu de trois bras en ébonite, dont le plus élevé porte une petite tige métallique pointue par en bas et se terminant en haut par une boule en métal. Le bras du milieu porte l'objet C qui doit produire l'ombre, tandis que celui d'en bas en forme de pince peut tenir un disque D, destiné à recevoir les ombres et de préférence en ébonite doublée de laiton au-dessous.

Dans certains cas, on emploie un disque métallique dont la surface supérieure est enduite de

vernis. La figure représente un objet de forme appropriée pour projeter une ombre : le dessin d'une fleur, une d'une croix découpée dans un métal mince et montée sur une tige en ébonite ou en verre. Pour produire des ombres, on charge une bouteille de Leyde à un potentiel suffisant pour obtenir une étincelle de 1 à 2 centimètres.

L'armature extérieure est mise en communica-

FIG. 4

tion avec la surface inférieure du disque D et le bouton de la bouteille relié à l'armature intérieure est mis en contact avec le haut de la pointe. La jarre se décharge rapidement et presque sans bruit. Immédiatement on verse sur le disque à

FIG. 5

l'aide d'une boîte couverte de mousseline formant tamis, de la poudre de minium et des fleurs de soufre selon le procédé usuel pour produire les figures de Lichtenberg. La poudre montre de suite l'ombre de l'objet interposé. Si la décharge a été positive, l'ombre de la croix apparaîtra en rouge entourée d'une région neutre en dehors de laquelle il y aura une zone légèrement teintée de jaune par le soufre. Pour une décharge négative l'ordre des couleurs sera renversé. La figure 5 représente l'ombre, dont les dimensions varient selon la distance de l'objet.

Les lignes de décharge semblent être de forme hyperbolique. Les effets sont moins nets si on place un disque d'ébonite seulement en D en descendant le disque en laiton placé en dessous. En plaçant une bande étroite de laiton mince sous le disque en ébonite, l'ombre se comprime latéralement et ne se montre que sur la région au-dessus

FIG. 6

de la bande sous la forme que représente la figure 6. Selon M. Righi on peut obtenir des ombres sur des disques métalliques couverts d'un vernis non conducteur, mais il faut, dans ce cas, se servir d'une machine à influence au lieu de la bouteille de Leyde. Cette méthode est identique à celle de M. Holtz. M. Righi a également obtenu une ombre avec un disque préalablement couvert d'une poudre conductrice comme de la limaille très fine de zinc, de

FIG. 7

minium ou même avec du verre en poudre. Cette méthode donne, en effet, des ombres très nettement définies, on peut même obtenir sur le disque des ombres de fils très fins. M. Righi est allé encore plus loin, et, en substituant une plaque de gélatino-bromure sensible, il a photographié les ombres produites par une décharge de cinq à dix minute. Deux figures se sont montrées pendant cette expérience, l'une la vraie ombre électrique, l'autre la vraie ombre photographique projetée par l'objet opaque sous le faible rayon de lumière émanant du point électrisé en haut.

Un effet fort curieux se produit si l'objet dont on désire ainsi obtenir l'ombre est lui-même électrisé. S'il est électrisé par une charge de même signe que celui de la pointe, l'ombre s'élargit; dans le cas contraire, elle se rétrécit. Ce dernier effet se produit également si l'objet est relié à la terre. La présence d'un corps électrisé à droite ou à gauche de la région où a lieu la décharge déplace l'ombre. En effet, la présence d'un tel corps change les surfaces équipotentielles et par cela même les lignes de force électriques du champ. Si la décharge a lieu par deux pointes juxtaposées séparées par une petite distance seulement et juste au-dessus de deux objets, les deux ombres électriques se repoussent mutuellement et s'écartent des positions où sont leurs ombres géométriques. Des observations analogues d'influence électrostatique ont été faites, il y a deux ans, par MM. Fine et Magie, de Princetown (New-Jersey).

Les phénomènes des décharges électriques ont été beaucoup éclaircis ces dernières années par les travaux de feu M. Spottiswoode avec M. J.-F. Moulton, par MM. de la Rue, Hugo Müller, Crookes, Goldstein et d'autres; mais il reste probablement encore bien des choses à expliquer et bien des découvertes à faire. Les phénomènes des ombres électriques sont parmi les sujets les plus dignes d'étude de cette partie de la science qui se développe si rapidement.

Cette description des expériences de M. Righi, par M. S.-P. Thompson a engagé M. W.-F. Smith à répéter les expériences, et il l'a fait avec les moyens les plus simples, c'est-à-dire en se servant de deux bâtons de cire à cacheter pour supporter la pointe et le corps destiné à projeter l'ombre, et en employant, au lieu d'ébonite, un gâteau de résine dont le fond métallique pouvait, à volonté, être ou n'être pas isolé. L'écran était en carton découpé recouvert de papier d'étain, il avait la forme de la fig. 4 et M. Smith obtint des ombres se rapprochant beaucoup de l'apparence représentée par la fig. 5; mais il eut l'idée de varier l'expérience de deux manières différentes et obtint ainsi de nouveaux résultats.

En premier lieu, il inclina la pointe, ce qui est facile en chauffant légèrement la cire à cacheter, et alors l'ombre électrique de l'objet s'allongea absolument comme le font les ombres d'un objet qui intercepte les rayons lumineux sous une incidence oblique.

En second lieu, au lieu de se servir d'un gâteau de résine neutre, il lui donna une forte charge négative en le frottant vigoureusement avec une queue de renard, et déchargea, comme d'ordinaire, sur la pointe une bouteille de Leyde très fortement chargée, en se servant toujours comme écran du même corps.

L'ombre produite présenta alors l'apparence de la fig. 6. Elle formait une simple croix ayant peu de ressemblance de contour avec l'objet. Au-dessous de celui-ci, le minium fut naturellement attiré par l'électricité négative de la résine et s'amassa en forme de croix, qui, comme on pouvait s'y attendre, était beaucoup plus rouge que l'ombre ordinaire, la croix étant également entourée d'une région neutre bien plus grande que dans les expériences précédentes. M. Smith pense que cet effet est autre chose que l'atténuation des ombres dont parle le professeur Thompson. Pour nous, il se rattache aux phénomènes décrits dernièrement, dans ce journal, par M. Antolik.

En tout cas, il y a dans ces diverses expériences une série de résultats intéressants, qui, au premier abord, peuvent paraître puérils, mais seront certainement un jour de quelque utilité au point de vue de l'étude de la propagation du flux électrique.

H. de Rothe.

LES

MACHINES A VAPEUR RAPIDES

2e article. (*Voir le n° du 1er mars* 1884.)

Les considérations élémentaires que nous avons exposées dans notre précédent article, sur le mode d'action de la vapeur dans les cylindres des moteurs, vont nous permettre d'apprécier sommairement les avantages que l'on peut retirer de l'application du système compound, de la surchauffe et des hautes pressions, aux machines à vapeur.

Machines compounds.

On désigne, sous ce nom francisé par l'usage, les machines où la vapeur se détend successivement dans plusieurs cylindres.

On peut diviser les machines compounds, ou composées, en deux grandes classes, suivant que le cylindre d'admission, ou de haute pression, qui reçoit la vapeur de la chaudière, est ou non séparé des autres cylindres détendeurs, ou à basse pression, par un réservoir de vapeur intermédiaire,

Le réservoir intermédiaire a pour effet de permettre de donner, aux manivelles commandées par les cylindres de haute et de basse pression, des calages différents, ou, comme on le dit quelquefois, des points morts discordants. Le réservoir intermédiaire agit alors *grosso modo*, par rapport aux cylindres détendeurs, comme une deuxième chaudière à basse pression.

Si la vapeur se détendait suivant une adiabatique,

c'est-à-dire, sans subir aucunement l'influence des parois, le système compound ne présenterait, au point de vue thermique, aucun avantage. Il est, en effet, facile de voir que le travail du kilogramme de vapeur serait, dans ces conditions, le même que s'il effectuait toute sa détente dans un seul cylindre: il y aurait même toujours, dans les machines compound, une perte provenant des résistances offertes au passage de la vapeur des petits aux grands cylindres.

En fait, les machines compound sont, au contraire, plus avantageuses au point de vue de l'utilisation de la vapeur dans leurs cylindres : on le comprend en remarquant que l'influence des parois d'un cylindre est, toutes choses égales, proportionnelle, à peu près, au produit de leur étendue par la différence des températures de la vapeur à l'entrée et à la sortie du cylindre. Or, cette chute de température, très faible au petit cylindre d'une machine compound, est aussi moins élevée dans ses cylindres détendeurs que dans le cylindre équivalent d'une machine simple. L'influence des parois est donc, en général, moins sensible dans les machines compound.

Il se peut aussi que le contraire arrive, par exemple, si l'on exagère le nombre des cylindres détendeurs, ce qui revient à multiplier inutilement l'étendue des surfaces.

En outre, le rôle des parois, dans la machine compound, diffère, en général, de celui qu'elles jouent dans les machines simples. Les parois du petit cylindre, où la détente est faible, et qui ne communiquent jamais avec le condenseur, sont, en effet, très chaudes, de sorte que la vapeur qui se détend au grand cylindre leur emprunte de la chaleur, qu'elles cèdent en partie, pendant cette détente, aux parois du grand cylindre. Nous verrons bientôt, en étudiant le rôle de l'enveloppe de vapeur, que cette circonstance est favorable au rendement des machines compound.

Mais le système compound présente, à côté de ses avantages thermiques, des avantages dynamiques, ou de construction, au moins aussi importants, surtout pour les machines à grandes vitesses et à hautes pressions.

En effet, dans un cylindre recevant la vapeur à une haute pression et la laissant se détendre de cinq à six fois son volume, la pression de la vapeur sur le piston, très élevée à l'origine de la course, devient très faible à la fin, de sorte que l'écart entre son effort moyen et l'effort qu'elle exerce à l'admission est disproportionné. Cet écart conduit à exagérer le poids des machines, afin de donner, à leurs mécanismes, la résistance nécessaire pour qu'ils puissent supporter l'effort initial de la vapeur.

Or, le poids et les dimensions de ces pièces seraient évidemment réduits au minimum si la vapeur exerçait constamment, sur le piston, l'effort correspondant à sa pression moyenne, et l'on réaliserait ce *desideratum* si l'on pouvait remplacer les cylindres par des cônes munis de pistons extensibles, dont la surface augmenterait en raison inverse de la pression de la vapeur.

On ne peut pas, en pratique, réaliser cette hypothèse, mais s'en approcher, en substituant au cône une série de cylindres inscrits, dans lesquels on fait détendre successivement la vapeur.

Tel est l'avantage que présente le système compound au point de vue de la moindre fatigue des organes et de la régularité de marche des moteurs; mais ce n'est pas un avantage qu'il faille poursuivre à l'aveugle. Il se présente, en effet, pour chaque type de machines compound, un degré de détente tel que l'un des pistons cesse d'être moteur et soit, au contraire, traîné comme une charge par les pistons des autres cylindres. C'est une limite qu'il ne faut jamais dépasser et qui se trouve d'ailleurs, en général, bien au delà de celle qu'impose, pour la détente, la considération de l'influence des parois.

L'enveloppe de vapeur.

L'idée d'entourer le cylindre des machines à vapeur d'une chemise ou enveloppe de vapeur prise à la chaudière, est due à James Watt.

On se croit tout d'abord en présence d'un paradoxe, car la vapeur de l'enveloppe doit évidemment perdre, par le rayonnement vers l'extérieur, plus de chaleur qu'elle n'en cède à la vapeur du cylindre. En outre, une partie de cette chaleur cédée s'en va forcément se perdre, par l'échappement, dans l'atmosphère ou au condenseur.

L'effet utile des enveloppes de vapeur ne peut, en effet, s'expliquer que par la modification qu'elle apporte aux parois des cylindres et qui consiste en ce que dans une machine simple, l'enveloppe cède, aux parois du cylindre, assez de chaleur pour évaporer, pendant la détente, une partie de l'eau condensée pendant l'admission, et diminuer d'autant la perte à l'échappement et au condenseur.

L'important est donc que l'enveloppe vaporise le plus possible de l'eau d'admission pendant la détente.

Or, il suffit souvent de communiquer, à cette eau, très peu de chaleur, pour qu'elle atteigne la température de saturation correspondant à la pression actuelle de détente. Sans cette faible addition de chaleur, l'eau de condensation resterait liquide jusqu'à la fin de la détente, pour ne s'évaporer qu'à l'échappement, en refroidissant, comme nous l'avons vu, les parois du cylindre.

On comprend ainsi que l'enveloppe puisse, avec une dépense relativement faible de chaleur, cédée au moment opportun, augmenter notablement le

travail de la détente, diminuer la perte à l'échappement et améliorer le rendement du moteur.

Dans les machines compound, l'enveloppe agit autrement que dans les machines simples, mais toujours par une modification favorable de l'influence des parois. Grâce à la moindre chute de température et à la chaleur du petit cylindre, la détente s'opère, dans le grand cylindre de la compound, avec des parois plus sèches. C'est alors par la chaleur même qu'elle cède, et non pas indirectement, en facilitant l'évaporation de l'eau d'admission, que l'enveloppe aide, dans les machines compound, au travail de la détente. En d'autres termes, dans la machine simple, l'accroissement de la quantité de vapeur, pendant la détente, est due principalement à ce que les parois restituent, pendant cette période, une partie de la chaleur que leur a communiquée la vapeur d'admission — l'enveloppe ne cédant en réalité que très peu de chaleur — tandis que, dans les machines compound, c'est, au contraire, surtout la chaleur communiquée par l'enveloppe qui augmente le travail de la détente.

Il faut enfin remarquer que l'enveloppe n'empêche que très peu la condensation due au travail même de la détente, car le refroidissement dû à ce travail s'opère dans toute la masse de la vapeur non conductrice, où la chaleur de l'enveloppe ne pénètre pas. Il y aurait même une diminution de rendement dans une machine dont l'enveloppe n'aurait pas d'autre fonction que de prévenir complètement cette condensation [1].

D'autre part, l'action de l'enveloppe dépend de la conductibilité des parois du cylindre, influencée, dans une mesure impossible à définir, par la couche d'enduit gras qui en tapisse l'intérieur, et aussi par les dépôts qui se forment dans l'enveloppe même.

La vitesse du piston influe aussi sur l'action de l'enveloppe; il faut, en effet, un certain temps pour que la chaleur de l'enveloppe se transmette utilement à la vapeur, de sorte que l'effet utile de l'enveloppe est, toutes choses égales, d'autant moindre que la vitesse du piston est plus rapide, ou que le cylindre développe une puissance plus considérable par unité de surface de ses parois.

Enfin, l'action de la chemise de vapeur est d'autant plus puissante que le volume du cylindre est moins grand relativement à l'étendue des parois enveloppées; elle est moindre dans les cylindres à gros diamètres que dans les cylindres à longues courses.

Il résulte de l'analyse précédente qu'il faut, autant que possible, envelopper les parois et les fonds des cylindres d'une chemise de vapeur, et même le stuffing-box, pour éviter le refroidissement de la tige du piston.

Dans les machines compound, il faut envelopper tout spécialement les cylindres détendeurs et les réservoirs intermédiaires.

L'enveloppe doit être alimentée par une circulation de vapeur distincte, car on ne doit pas admettre aux cylindres de la vapeur ayant déjà traversé l'enveloppe et, par conséquent, chargée d'eau; il faut, en outre, pouvoir facilement purger les enveloppes de vapeur.

La surchauffe.

On dit qu'une vapeur est surchauffée quand elle est portée à une température supérieure au point de saturation correspondant à la pression qu'elle supporte.

Plus la vapeur est surchauffée, plus elle se rapproche de l'état gazeux, plus la loi de sa détente, à température constante ou isothermique, se rapproche de la loi de Mariotte, moins elle est sensible à l'action condensante des parois du cylindre.

La surchauffe agit donc en partie comme l'enveloppe de vapeur, pour augmenter le travail de la détente, atténuer la perte à l'échappement, réduire la quantité de vapeur condensée à l'admission, et qu'il faut retransformer ensuite en vapeur; mais la diminution directe de cette condensation fait que son économie est supérieure à celle de l'enveloppe.

D'autre part, quelque puissante que soit l'action de la surchauffe, elle ne l'est jamais assez pour empêcher complètement la condensation à l'admission. Cette condensation se produit toujours avec assez d'abondance pour lubrifier le piston et empêcher qu'il ne grippe.

L'emploi de la vapeur surchauffée est donc à conseiller toutes les fois que l'on peut se procurer, ce qui est d'ailleurs assez difficile, un bon appareil surchauffeur.

Les hautes pressions.

Les hautes pressions présentent deux avantages principaux : l'économie de combustible, parce que la chaleur de la vapeur augmente peu avec sa pression, et la réduction du poids et de l'encombrement des moteurs. Elles sont limitées par l'influence des parois, de plus en plus active à mesure que la température de la vapeur s'élève, et par la question de l'entretien et de la sécurité des chaudières et des moteurs.

Dans les machines sans condensation et à détente, on n'a guère intérêt à dépasser une pression de dix atmosphères environ. On a atteint, sur certaines locomotives, mais exceptionnellement, quinze atmosphères, dans des conditions où il fallait, avant

[1] Moutier, *Thermodynamique*, p. 391.

tout, développer, sous un faible volume, une puissance très considérable.

Avec les machines à condensation, la limite des pressions économiques paraît osciller entre cinq et six atmosphères. Ce résultat cesse de paraître paradoxal lorsque l'on considère que l'économie des hautes pressions est due principalement au rapport qu'elles permettent de réaliser entre les pressions initiales et finales au cylindre. Dans une machine à condensation marchant avec une pression initiale de six atmosphères, on peut facilement atteindre une contre-pression trente fois moindre, tandis qu'une machine sans condensation devrait, pour réaliser un pareil rapport, marcher avec une pression initiale de près de trente atmosphères.

C'est aussi de ce rapport que dépend comme nous l'avons vu, en grande partie du moins, l'influence des parois, qui croît avec ce rapport.

En ce qui concerne l'encombrement, les machines compound présentent évidemment un certain désavantage, mais faible, dès que l'on est conduit, par l'importance que l'on doit attacher à la régularité de la marche, à l'emploi de cylindres accouplés. L'encombrement n'est plus d'ailleurs, dans les machines à condensation, proportionnel aux volumes des cylindres.

Il convient donc de se tenir, pour le moment, entre les limites que je viens d'indiquer. Les essais de très hautes pressions tentés par Alban jusqu'à 65 atmosphères, et, plus récemment, par Perkins, jusqu'à 30 atmosphères, n'ont abouti qu'à des mécomptes; ils ont échoué devant la difficulté de l'entretien.

Rendement des machines à vapeur.

On peut compter aujourd'hui avec d'excellentes chaudières, vaporiser environ huit kilogrammes d'eau par kilogramme de bonne houille. Ce poids de vapeur représente, entre cinq et six atmosphères, environ 5 000 calories. La puissance calorifique de la houille est de 8 000 calories environ. Le rendement pratique de la chaudière est donc d'à peu près $\frac{5}{8}$, ou de 60 %.

Ces huit kilogrammes de vapeur peuvent, dans une bonne machine de force moyenne, produire, aux cylindres, un travail d'environ un cheval-heure ou de 27 000 kilogrammètres, ou de 54 kilogrammètres par calorie de la vapeur admise, de sorte que le rendement absolu de la vapeur, dans les cylindres de la machine, est d'environ 0.10.

Ce rendement absolu très faible semble indiquer *à priori* une infériorité notable de la machine à vapeur proprement dite, comparée à la chaudière; il n'en est rien pourtant, car le rendement *possible* d'un moteur à vapeur ne dépend pas seulement de la puissance totale renfermée dans la vapeur qu'il emploie. On démontre, en effet, en thermodynamique, par une suite de théories qu'il serait trop long de développer ici, que le rendement maximum que l'on pourrait obtenir d'une machine thermique parfaite est donné par le quotient de la chute de température que le fluide moteur subit pendant son passage à travers la machine, par la température absolue maxima de ce fluide.

Or, dans une machine à vapeur, la température maxima du fluide moteur est donnée par celle de la vapeur à l'admission, et la chute de température est limitée par la température dont on dispose au condenseur, 40° environ.

Il résulte, de ces conditions, que le rendement théorique maximum d'un moteur à vapeur fonctionnant à six atmosphères environ ne dépasse guère 30 %, ce qui correspond à une dépense de 5 kilogrammes environ de vapeur par cheval et par heure, au lieu des huit kilogrammes nécessaires en pratique.

Le rendement pratique de la vapeur, dans les cylindres d'une bonne machine à condensation, est donc, comme celui de la chaudière, de $\frac{5}{8}$, ou de 60 % environ.

On arrive ainsi, pour l'ensemble de l'appareil travailleur, chaudière et moteur, à un maximum pratique de 35 à 36 % environ.

Enfin, on perd encore, avant d'arriver à l'arbre moteur, une certaine quantité de travail, à vaincre les frottements et les diverses résistances des mécanismes de la machine. Le rendement organique, ou le rapport du travail effectivement disponible sur l'arbre de couche au travail développé sur les pistons, est, à puissances égales, plus faible dans les machines à condensation que pour les machines sans condensation et à faibles détentes, mais il augmente avec les dimensions du moteur et peut atteindre 75 et 80 % dans les grandes machines à condensation. Dans les petits moteurs sans condensation et à haute pression, ce rendement atteint 60 et 65 %.

En somme, et dans les conditions les plus favorables, on ne peut guère utiliser, en travail disponible, plus du quart de la chaleur totale du combustible dépensé.

Quant au calcul du travail indiqué par kilogramme de vapeur admis au cylindre, on peut dire qu'il est impossible de l'effectuer avec une exactitude suffisante. Il est facile de s'en rendre compte en réfléchissant aux influences complexes exercées par l'action si puissante des parois.

Les équations de la thermodynamique sont donc encore impuissantes à résoudre ce problème, mais elles peuvent, et c'est beaucoup, servir à l'analyse complète des résultats d'une expérience, indiquer de combien et pourquoi les conditions réelles de la marche d'un moteur s'écartent d'hypothèses scientifiquement définies.

Il est, au contraire, facile de calculer le travail que peut fournir un volume donné de vapeur admis au cylindre; l'expérience démontre, en effet, que l'on arrive à calculer cette puissance avec suffisamment d'exactitude en admettant que la vapeur se détende suivant la loi de Mariotte. Les ouvrages spéciaux donnent, en général, des tables de calculs tout faits, dressées d'après cette hypothèse, et auxquelles on peut recourir comme à des approximations premières, suffisantes pour la pratique.

On peut aussi estimer approximativement la dépense de vapeur par coup de piston, en la prenant comme égale, d'après les diagrammes, à la différence entre le poids de vapeur maximum présent au cylindre à l'admission et ce poids au commencement de la compression. On prend, comme masse de vapeur maxima, celle qui se trouve au cylindre au point de la course où le produit du volume de vapeur par sa pression est maximum.

L'espace nuisible, ou le volume de vapeur compris entre le distributeur et le fond de course du piston, augmente, en raison de l'étendue de ses surfaces, la condensation de la vapeur à l'admission ou le travail de compression nécessaire pour la réduire; il augmente aussi, toutes choses égales, le travail par coup de piston, car, à détente géométrique égale, l'admission réelle et la pression moyenne effective croissent avec l'importance de l'espace nuisible.

Il faut donc réduire le plus possible l'espace nuisible ; c'est un des avantages des machines à longues courses.

Dans les machines rapides, il faut, si l'on tient à réduire l'espace nuisible au minimum, munir les couvercles du cylindre de soupapes de sûreté destinés à éviter leurs ruptures, sous la pression de l'eau entraînée ou de condensation.

Il résulte, des considérations que nous venons d'exposer, qu'une machine à vapeur doit satisfaire, pour fonctionner convenablement, aux conditions générales suivantes :

Marcher à de hautes pressions, de 5 à 10 atmosphères, avec condensation si possible, à des détentes de cinq à six volumes, sans laminage et sans étranglement de la vapeur, le régulateur agissant en modifiant la durée de l'admission sans changer sa pression de vapeur, et avec une compression très élevée.

Le cylindre doit être entièrement enveloppé de vapeur prise directement à la chaudière, ses espaces nuisibles doivent être aussi réduits que possible.

Les organes, ceux de la distribution surtout, doivent être simples, robustes, faciles à réparer et à régler. Les distributions par tiroirs offrent, à ce point de vue, sur toutes les autres, des avantages considérables, qui ne paraissent guère contrebalancés par les quelques facilités que présentent les autres distributions, comme réduction des frottements des espaces nuisibles et du laminage et comme étendue d'action du régulateur. L'expérience des locomotives et des machines marines a, depuis longtemps, sanctionné l'emploi des tiroirs et des commandes directes, par excentriques et par coulisse, pour les machines rapides et de fatigue. Nous pensons qu'on doit les préférer, en général, aux distributions à la mode aujourd'hui.

Nous terminerons ces généralités par quelques considérations sur les machines à vapeur rapides, qui font l'objet spécial de ce mémoire.

LES MACHINES RAPIDES

Les machines à vapeur rapides présentent, au point de vue de la légèreté, et surtout de l'encombrement, des avantages considérables, sur lesquels il paraît même inutile d'insister. Ces avantages se retrouvent et se multiplient par l'économie et par la simplification des transmissions, qui s'annulent même quand le moteur attaque directement les machines qu'il actionne.

Les machines rapides sont, en outre, plus économiques, parce que les condensations de vapeur occasionnées par l'influence des parois sont d'autant moins actives, par kilogramme de vapeur admise, qu'elles agissent moins longtemps sur ce kilogramme, ou que la machine marche plus vite. En d'autres termes, la machine rapide économise la vapeur parce qu'elle est plus chaude, et qu'il faut, pour améliorer d'autant son rendement, dépenser moins de vapeur aux enveloppes ou la surchauffer à une température moins élevée.

L'allure des machines rapides est plus facile à régulariser que celle des machines lentes. L'inertie des pièces mobiles animées de mouvements alternatifs — pistons, crosses, glissières et bielles — diminue, en effet, le moment de torsion moteur à l'origine de la course, par le travail qu'absorbe leur accélération croissante jusqu'au milieu de la course. A partir de ce point, l'inertie de ces pièces augmente, au contraire, le moment de torsion ou le couple moteur, en restituant le travail absorbé pendant la partie accélératrice de la course. Le couple moteur moyen reste le même que si les pièces animées de mouvements alternatifs n'avaient pas d'inertie, mais l'influence de cette inertie agissant, comme nous venons de le voir, en sens contraire des variations de la pression de la vapeur, tend à amoindrir celles du couple moteur et à régulariser le mouvement de la machine, d'autant plus que la vitesse du piston est plus rapide.

Je crois utile d'insister sur ce point, particulièrement important pour les machines rapides.

La force d'inertie des pièces animées de mouvements alternatifs atteint ses maxima aux extrémités

des courses du piston ; elle est alors égale au produit de leur masse par le carré de la vitesse angulaire et la longueur de la manivelle ($m\ \omega^2\ r$). Aux autres points de la course, elle est égale, à chaque instant, à la composante horizontale des valeurs maxima correspondant à la position actuelle de la manivelle et à sa vitesse.

Si donc on représente par *ab* (fig. 1) la valeur maxima de cette force d'inertie au commencement de la course motrice, et si nous joignons le point *b* au point *c*, milieu de la ligne de contre-pression du diagramme, le triangle *cde* représentera le travail restitué, par le ralentissement des pièces mobiles, pendant la période de ralentissement du piston.

Pendant la première partie de la course, celle où

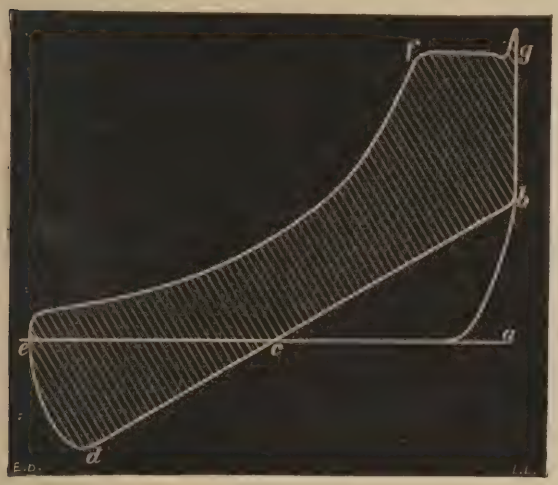


FIG. 1

la pression de la vapeur est le plus élevée, l'inertie des pièces mobiles soulage le bouton de manivelle d'une pression correspondant au travail *bac;* elle lui restitue cette pression pendant la deuxième partie de la course, où s'abaisse la tension de la vapeur.

Le couple moteur devient le même que si le diagramme des pressions de la vapeur *aefg* était remplacé par le diagramme *bdefg*, beaucoup plus régulier.

On voit, en *de*, combien la compression est utile pour amortir, vers la fin de la course, la poussée de l'attirail du piston sur la manivelle.

L'action régularisatrice du volant augmente aussi proportionnellement au carré de la vitesse de rotation.

On voit donc que l'on peut, dans le cas des machines rapides, réaliser automatiquement une régularisation presque parfaite, avec des mécanismes relativement légers, et faciles à équilibrer. MM. Porter et Allen ont parfaitement utilisé l'inertie des pièces mobiles pour la régularisation de leurs remarquables machines à grande vitesse, que nous décrirons bientôt.

Les machines à grande vitesse exigent, d'autre part, une construction plus soignée, plus robuste que celle des machines lentes, un ajustage plus précis, un équilibre aussi parfait que possible des masses en mouvement.

Les longues portées sont de rigueur; le bâti, très rigide, doit être parfaitement assis, reposer, autant que possible, sur trois points d'appui seulement, comme un trépied qui reste en équilibre stable même sur un sol inégal.

Leur distribution doit satisfaire, à la fois, aux conditions générales que nous avons énoncées plus haut, et à des conditions de simplicité et de solidité particulières, qui paraissent, au delà de 200 tours environ par minute, incompatibles avec les systèmes à déclic et à ressorts, si nombreux et tant en vogue aujourd'hui.

Les machines rapides doivent être, en un mot, des machines de précision. C'est à la condition impérieuse d'une exécution parfaite qu'elles peuvent marcher économiquement et longtemps; il faudra donc les payer très cher *au kilogramme*, et les entretenir avec le plus grand soin.

L'application du système compound est des plus avantageuses pour les machines à grande vitesse, au point de vue surtout de leur régularité et de la moindre fatigue de leurs organes; mais c'est encore au principe des moteurs à simple effet, accouplés ou établis en compound, qu'il faut avoir recours, dès que l'on veut atteindre les très grandes vitesses nécessaires à la commande directe de la plupart des machines dynamo-électriques. Nous y reviendrons, en décrivant les types de machines à vapeur à simple effet les plus usitées actuellement.

(A suivre.) GUSTAVE RICHARD.

A PROPOS DE LA DISTRIBUTION

GAULARD ET GIBBS

Dans sa réunion du 6 février, la *Société des Electriciens* s'est occupée de la distribution de MM. Gaulard et Gibbs, et cette circonstance a donné lieu, en Angleterre, à une polémique qu'il ne nous semble pas sans intérêt de résumer ici.

Le 18 février, Sir Charles T. Bright, président de la section anglaise de la *Société Internationale des Electriciens*, reçut de MM. Gaulard et Gibbs une lettre dans laquelle ces messieurs se mettaient à la disposition de la section pour lui montrer leurs expériences, et offraient à Sir Charles Bright

de venir à Edgware-Road Station, accompagné, s'il le désirait, de M. Preece, « pour vérifier les résultats obtenus avec les générateurs secondaires qui fonctionnent chaque jour depuis 4 heures 1/2 du soir jusqu'à 1 heure du matin ».

Sir Charles Bright ne jugea pas à propos d'accepter cette offre, et fit connaître par lettre aux inventeurs les motifs de son refus. Plusieurs demandes analogues lui étaient adressées en sa qualité de président de section, et s'il y faisait droit,

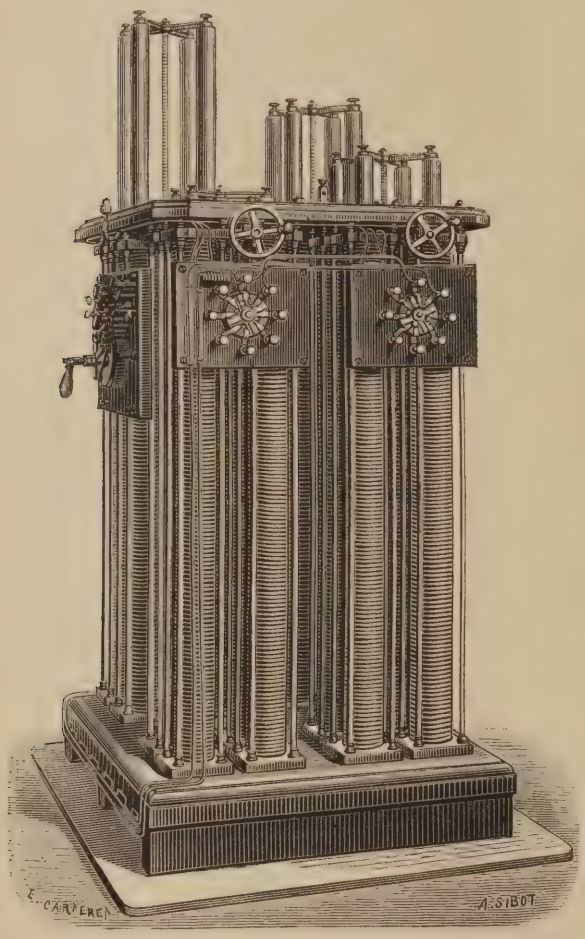


FIG. 1

il ne tarderait pas à voir un titre purement honorifique se changer en une fonction des plus actives.

« D'ailleurs, ajoutait-il, dans le cas de votre invention, je pense qu'il vaudrait mieux vous adresser à quelque autre électricien pour faire vérifier vos résultats, d'autant plus qu'il y a cinq ans et demi, j'ai inventé le système de distribution par les générateurs secondaires que vous employez aujourd'hui.

« Je vous renvoie sur ce [point] à ma spécification imprimée du 22 octobre 1878, n° 4212, pour l'*Eclairage par l'électricité*, et dont voici un extrait :

« A chaque point où on emploie la lumière électrique, le foyer ou groupe de foyers est alimenté par la ou les bobines secondaires d'un appareil d'induction placé en cet endroit.

« La bobine primaire de chaque appareil d'induction est dans le circuit d'un conducteur principal, commun à tous et en relation avec une pile ou une machine magnéto-électrique placée en un endroit convenable quelconque.

« La grandeur et la longueur des bobines primaires et secondaires de l'appareil d'induction sont calculées d'après le nombre de foyers employés à chacun des points où les courants secondaires alimentent la lumière électrique. »

L'accusation de plagiat était ainsi nettement formulée. MM. Gaulard et Gibbs répondirent que le brevet du 22 octobre 1878 n'avait reçu qu'une protection provisoire, que l'invention n'y était pas décrite suffisamment pour permettre une application pratique, que tout ce qui s'y trouvait, était évidemment du domaine public, et qu'ils n'y voyaient rien qui pût permettre à Sir Charles Bright de dire : J'ai inventé le système que vous employez pour la distribution de l'électricité par les générateurs secondaires.

Là-dessus, nouvelle lettre de M. Bright affirmant de plus en plus ses prétentions, et déclarant qu'il ne trouve rien de neuf dans le brevet de MM. Gaulard et Gibbs de 1882, et enfin échange de deux lettres que nous reproduirons intégralement, parce qu'elles nous semblent instructives à plus d'un point de vue.

La première, très courte, émane de MM. Gaulard et Gibbs.

« En réponse à votre lettre, disent-ils, nous nous permettrons de faire remarquer que si vous aviez accepté notre invitation, vous auriez pu vous convaincre que nous faisons ce que ni vous, ni personne autre n'a jamais fait. Notre brevet, auquel vous faites allusion, n'est qu'un des brevets de toute une série. Cependant, nous ne nous croyons pas appelés à discuter la valeur de nos inventions. Vous pouvez être assuré que nous avons été conseillés par des autorités compétentes, et que nous sommes pleinement protégés. »

La seconde lettre est la réponse de sir Charles Bright.

« Vous dites, répond-il, que votre brevet auquel j'ai fait allusion *n'est qu'un des brevets de toute une série*, mais c'est celui dans lequel vous réclamez positivement l'emploi d'un courant alternatif de haute tension pour engendrer des courants induits dans un nombre illimité de générateurs secondaires.

« Je répète que cela est absolument devancé

par mon brevet de 1878, n° 4212; mais quand même cela ne serait pas, je vous renvoie maintenant à un brevet ultérieur de 1878, n° 4611, dans lequel est décrit l'emploi des courants alternatifs pour mettre en action des appareils secondaires ou bobines d'induction aux différents points d'éclairage (de la même manière que dans mon brevet de 1878 et le vôtre de 1882).

« Dans ce brevet, vous trouverez aussi que votre *faisceau* ou corde de fils enroulé sur les bobines est mentionné ainsi qu'un dispositif pour grouper les fils en tension ou en quantité, mais le mot *câble* est employé au lieu de votre mot *corde*.

« Un autre point de votre brevet est la séparation du fil isolé en plusieurs bobines sur le même noyau. Eh bien! ce mode d'enroulement a été décrit et illustré dans le brevet pris par M. Edward Bright et moi-même le 21 octobre 1852.

FIG. 2

« Poggendorf, Ruhmkorff, Foucault et d'autres l'ont réinventé ensuite, et il a été généralement adopté dans la construction des bobines d'induction. Feu le comte Du Moncel, dans son *Exposé des applications de l'électricité* (édition de 1873, t. II, p. 241), a résumé les droits des divers inventeurs à la priorité, et l'a accordée à mon frère et à moi.

« Les deux autres points qui subsistent de votre brevet sont l'idée d'entourer les fils de la bobine de cylindres de fer placés entre les couches et celle de placer *plusieurs colonnes de bobines* verticalement *en rangées parallèles*. Ces deux arrangements sont pleinement décrits dans le brevet pris par mon frère et moi-même (n° 2103, en 1855) et se rapportant aux figures 9, 10 et 11 des dessins.

« D'après ce qui précède, il me semble que vos conseils ne connaissaient pas suffisamment les brevets électriques; autrement vous n'auriez pas rebreveté tant de vieilles inventions. »

Nous donnons ci-joint le dessin de l'appareil de MM. Gaulard et Gibbs. Nous n'avions pu le faire lorsqu'il a été question de cet appareil dans nos colonnes; nous profitons aujourd'hui de l'occasion. Nous reproduisons en même temps le fac-similé d'un dessin représentant la bobine de M. Stroumbo, citée par notre collaborateur Geraldy, et dont les fils inducteur et induit sont enroulés côte à côte. C'est une antériorité qui s'ajoutera à celles que signale M. Bright,

Quant à la valeur même du système, notre opinion à ce sujet ne diffère pas de celle qui a déjà été exprimée ici même. Les appareils sont évidemment capables de fonctionner, mais ils ne le sont pas de fournir un rendement pratique. On dépense un travail moteur pour actionner une génératrice : de ce travail une partie seulement est disponible dans le circuit extérieur. C'est cette partie qui est utilisée dans les bobines d'induction, transformateurs très complexes et très mauvais, pour créer de nouveaux courants. Du travail produit dans les circuits induits, on n'utilise encore qu'une partie. Comment est-il possible qu'après tant de pertes on ait un rendement suffisant?

Certes, de ce que Sir Charles Bright se trouve être le véritable inventeur du système, ce dernier n'en est pas meilleur pour cela; mais n'est-il pas curieux de voir un procédé, poussé contre toute logique par ses auteurs, réduit à néant pour eux par la brutalité des antériorités de brevets?

O. Kern.

L'ÉLECTRICITÉ EN MÉDECINE

Quatrième article. (*Voir les nos des 16 et 23 février et du 1er mars 1884.*)

THÉRAPEUTIQUE

I

ÉLECTRISATION VARIABLE

Les premières tentatives thérapeutiques dans lesquelles l'électricité a été appelée à jouer un rôle utilisèrent l'action variable : la décharge disruptive des machines électro-statiques y fut employée contre les paralysies du mouvement. Cette application ne fut pas, à proprement parler, empirique : combattre un phénomène par l'intervention des moyens qu'on sait capables de provoquer la condition inverse représente une pratique rationnelle. Mais une pratique dont l'origine a été raisonnée peut devenir empirique par le fait de l'oubli des conditions qui lui fournissaient sa raison d'être.

Tel fut ici le cas : on opposa l'électrisation variable à toutes les paralysies du mouvement, sans distinguer entre celles où les organes de ce mouvement étaient conservées et celles où ils étaient détruits. Duchenne réagit dans une assez large mesure contre la facilité avec laquelle on se décidait pour ou contre l'adoption de ce traitement, suivant qu'on avait ou qu'on n'avait pas « foi dans l'efficacité du moyen »; il établit des contre-indications ou plutôt ajourna certaines indications; je crois cependant qu'il n'a pas fait assez large la part des contre-indications, au moins relatives, et j'ai essayé, dans le précédent article, de montrer comment on arrivera à l'établir.

Nous savons toutefois que, quand les instruments du mouvement demeurent intacts ou sont restaurés, des sollicitations artificielles sont capables d'amener progressivement le réveil des excitations physiologiques dans des cas où il n'aurait pas lieu spontanément.

L'existence de l'appareil nerveux ne se traduit pas seulement par des phénomènes de mouvement, mais aussi par des phénomènes de sensibilité. Ceux-ci sont, comme les premiers, provoqués très facilement et très nettement par les excitations de l'état électrique variable. De là les applications de ces excitations au réveil de la sensation abolie dans les paralysies de la sensibilité.

Les raisons d'agir sur cet ordre de dépressions fonctionnelles sont les mêmes que sur celles de l'ordre moteur. Peu importe que les transmissions fonctionnelles soient centrifuges dans l'appareil moteur et centripètes dans l'appareil sensitif : au point de vue de la thérapeutique générale par des excitations d'origine extérieure, le sens des transmissions physiologiques est indifférent. La paralysie est toujours l'indice d'une solution de continuité dans la série des actes qui assurent l'accomplissement de la fonction, et les excitations de l'état variable ne représentent qu'un ébranlement capable seulement de rétablir les habitudes de solidarité physiologique entre des organes qui les avaient perdues. Ici, comme dans les paralysies du mouvement, l'indication de l'électrisation variable est subordonnée à la restauration des organes lésés. C'est affaire de diagnostic étiologique et anatomique.

Les plus intéressantes des paralysies du sentiment sont les paralysies des sens supérieurs, de la vue et de l'ouïe. Les auteurs du siècle dernier rapportent un grand nombre de faits de guérison de cécité et de surdité par l'électrisation variable. Ces faits répondaient-ils à de véritables paralysies? ne représentaient-ils pas plutôt, au moins pour le plus grand nombre, des affections des parties accessoires des organes de la vision et de l'audition? Les moyens de diagnostic n'étaient pas alors assez perfectionnés pour qu'on ait pu l'établir. Plus avancés aujourd'hui, nous arrivons, au moins pour la vision, à établir par élimination quelles cécités pourraient être considérées comme des anesthésies; le nombre en devient de plus en plus restreint.

Des résultats obtenus de l'électrisation variable dans les paralysies de la locomotion, j'ai conclu à son emploi dans la plupart des paralysies viscérales, paralysies incomplètes, du sentiment autant au moins que du mouvement, paralysies dont le rôle, dans la plupart des maladies chroniques, est loin d'être apprécié aujourd'hui selon son importance. Je m'y suis généralement bien trouvé de l'emploi de la faradisation, dont j'attribue les bons effets à un mécanisme complexe : à l'excitation de l'appareil sensitif, à celle de l'appareil neuro-musculaire, et, par ce dernier, à des actions sur la circulation sur lesquelles je dois m'arrêter.

L'action des pratiques de l'électrisation continue aussi bien que variable sur la *circulation* n'est pas d'une observation aussi facile que celle sur la motilité générale; bien que personne ne mette en doute son existence, les opinions les plus contradictoires ont été émises sur sa modalité.

Hiffelsheim et Ch. Robin ont prétendu que pendant l'électrisation variable, réalisée avec les appareils volta-faradiques, l'activité circulatoire diminuait par suite de la contraction des artérioles; qu'ensuite elle augmentait par un effet de réaction. Les choses peuvent se passer ainsi dans la membrane interdigitale de la grenouille portée sur le champ du microscope; chez le sujet libre, il en est tout autrement.

Les expériences des mêmes auteurs sur la voltaïsation continue sont passibles des mêmes objections, applicables également à des expériences de Legros et Onimus, dans lesquelles ceux-ci n'ont pu observer que les phénomènes de l'agonie circulatoire dans une partie trop restreinte, emprisonnée et tiraillée. Si je signale ici, alors qu'il ne devrait être question que de l'action variable, ces expériences qui ne comportent aucune conclusion, c'est pour n'avoir pas à revenir, à l'occasion de l'électrisation permanente, sur les réactions circulatoires. Il y a là une étude pleine d'intérêt, qu'il faudra reprendre entièrement en se plaçant dans des conditions expérimentales plus voisines des conditions physiologiques.

Une observation, faite chez un malade auquel je faradisais une tumeur du cordon spermatique, me fit autrefois reconnaître que, dans les applications variables au moins, les choses se passent tout autrement que l'admettaient Hiffelsheim et Robin. Pendant la faradisation en masse d'une région, la circulation s'y trouve activée; et cette suractivité peut devenir telle qu'elle rende perceptible au

doigt les pulsations artérielles qui ne sont pas sensibles dans les conditions normales, et cessent de l'être aussitôt qu'on interrompt la faradisation.

Comment expliquer le fait? — J'y vis la résultante d'un ensemble complexe de réactions. J'admettais que la faradisation avait des effets de plusieurs ordres; que, comme le voulaient Hiffelsheim et Robin, elle devait tendre à diminuer l'activité circulatoire en agissant sur les muscles artériels, soit directement, soit plutôt par l'intermédiaire de leurs nerfs; que, d'autre part, elle l'activait en agissant sur l'appareil musculaire de la région, et, par lui, sur la circulation veineuse; qu'elle tendait encore à l'activer en agissant sur les nerfs antagonistes des nerfs artériels. L'expérience établissait que, de ces deux ordres d'actions antagonistes, le dernier était prépondérant, puisque le résultat était une hypérémie marquée coïncidant très exactement, comme durée, avec le temps pendant lequel avait lieu la faradisation.

Le fait étant pour moi hors de doute, je crus pouvoir enfin le contrôler dans des vérifications thérapeutiques, demandant à la faradisation un moyen de dégorger, par un véritable *drainage circulatoire*, des régions ou des organes accidentellement congestionnés.

C'est ainsi que j'obtins des résolutions immédiates dans des cas d'entorses et de contusions articulaires récentes; rapides, dans les mêmes cas plus anciens, dans l'engorgement utérin improprement appelé métrite, dans certains engorgements prostatiques, etc.

Nous allons retrouver l'action thérapeutique des réactions circulatoires provoquées par l'électrisation variable, dans des pratiques visant le symptôme le plus commun de la pathologie et le plus variable dans ses origines éloignées : *la douleur.*

La douleur est nécessairement l'effet d'une lésion, soit du centre percepteur, soit du tronc d'un nerf, soit de son extrémité périphérique, soit, enfin, des tissus au sein desquels celle-ci se ramifie. Les méthodes thérapeutiques par lesquelles il est d'usage de combattre la douleur ne tiennent généralement pas compte de cette lésion nécessaire et s'adressent au symptôme comme s'il pouvait être *essentiel.*

De ces médications du symptôme, l'une est rationnelle : l'emploi des narcotiques, qui supprime la perception. Une autre, d'un caractère purement empirique, est cependant en grande faveur, en raison des résultats satisfaisants qu'elle donne dans un grand nombre de cas : c'est la méthode dite *révulsive.* On a essayé de rendre compte de ses effets en prétendant que, deux douleurs se produisant en même temps dans des points différents, la plus forte masque l'autre; je ne m'arrêterai pas à montrer que cette explication n'explique rien. Cependant les succès nombreux obtenus de la révulsion établissent que souvent la lésion qui tient la douleur sous sa dépendance est de nature telle que les réactions provoquées par l'application d'une douleur vive, quelquefois par le voisinage d'une suppuration consécutive, sont de nature à faire disparaître la cause du mal. Or, parmi les excitations douloureuses capables d'opérer une révulsion, les excitations électriques variables, la faradisation sèche notamment, continuées de façon à produire des douleurs intenses bien localisées, méritent la préférence en raison de ce que, n'altérant pas la peau, elles peuvent être répétées aussi souvent qu'il peut être utile, ce qui n'était pas possible avec les révulsifs classiques : vésicants et caustiques.

Enfin les succès de la révulsion électrique contre les symptômes douloureux, rapprochés de ses effets sur certains épanchements liquides, montrent que les réactions provoquées par les révulsifs intéressent surtout l'appareil circulatoire; d'où il est permis de conclure, — fait intéressant au point de vue de la pathogénie générale, — que les douleurs contre lesquelles réussissent les révulsions, sont vraisemblablement occasionnées par des troubles circulatoires dans le tissu nerveux.

Les succès que donne souvent un autre procédé de traitement de la douleur par l'électrisation variable viennent à l'appui de la conclusion précédente. Dans cet autre procédé, la douleur n'est pas voulue, mais accidentelle; et on peut l'atténuer au point de la rendre négligeable. Au lieu d'agir sur la partie douloureuse avec des excitateurs secs et des courants de haute tension, on la comprend, par des excitateurs humides, dans un circuit parcouru par des courants de tension médiocre, de quantité un peu plus forte, et rapidement interrompus. Ce n'est pas par son action sur les nerfs douloureux, comme on l'a admis d'après Becquerel, qu'agit ce procédé, mais par son action sur la circulation. Son moyen de faire disparaître la lésion cause de la douleur est le drainage circulatoire dont il a été question tout à l'heure.

Tandis que la révulsion agit sur la circulation par mécanisme réflexe, la faradisation non douloureuse agit directement. Quant à la guérison, elle se produit, dans les deux cas, par un même mécanisme prochain. C'est dans la nature et la localisation intime des troubles circulatoires auxquels on attribue les phénomènes douloureux qu'il faut chercher les raisons de la préférence à donner, dans un cas donné, à l'une ou l'autre méthode.

J'emploie la faradisation humide, avec courants de tension médiocre, quand il me paraît indiqué de drainer en masse tous les tissus d'une région; la faradisation sèche révulsive, quand je suppose que le tissu nerveux est *ou reste* seul intéressé par la cause prochaine des manifestations morbides.

L'électrisation variable a été jusqu'ici employée à peu près exclusivement comme médication *du symptôme*. Après avoir constaté son action en masse sur la circulation, j'ai cru pouvoir la recommander dans un nombre très considérable de cas comme moyen de traitement d'une *cause prochaine;* les progrès de la pathogénie conduisent tous les jours à la faire intervenir enfin contre les causes plus ou moins *éloignées* des phénomènes morbides qu'on observe ou qu'on redoute.

Le nombre de ces indications variées est déjà tel aujourd'hui que, lorsque j'ai cherché à en établir la nomenclature, c'est dans une sorte de dictionnaire de thérapeutique que j'ai dû le faire.

On voit qu'à la condition de les faire précéder d'un diagnostic étiologique local et général aussi exact que possible, les applications de l'état électrique variable comportent des indications assez précises. On peut arriver très vite, se guidant sur les notions de fatigue et de réaction plus ou moins faciles, à manier convenablement les courants d'induction, à savoir quelle tension et quelle quantité doivent leur être données dans chaque cas déterminé, et quelle durée doit être assignée à leur application.

Mais cette sûreté dans l'action suppose une perfection de diagnostic qui n'est souvent ni réalisée, ni même réalisable. Dans nombre de cas, on ne peut savoir au début quelle est exactement la somme des chances favorables. Or, c'est là une incertitude qui généralement pèse peu de temps sur notre intervention : les effets des premières séances permettent le plus souvent d'asseoir le pronostic général de la cure. Un effet immédiat favorable, alors même qu'il ne serait pas persistant, implique un pronostic favorable; à chaque séance, l'amélioration obtenue deviendra d'une plus longue durée. Si, au contraire, l'effet immédiat est nul, on peut se considérer comme dans une voie douteuse ou insuffisante; il y a lieu de chercher d'autres indications, ou des indications complémentaires. C'est ce qui arrive souvent chez les sujets diathésiques.

Nous avons vu, à l'occasion du pronostic et du traitement des paralysies, que les excitations de l'électrisation variable n'y étaient d'aucune utilité spéciale tant que les organes de la fonction n'étaient pas revenus à un certain état d'intégrité. Il y avait là une contre-indication spéciale à l'institution du traitement.

Il est d'autres contre-indications, celles-là d'un ordre plus général, aux pratiques de l'électrisation variable. En première ligne, figure l'état fébrile, — au moins l'état fébrile aigu, serions-nous tenté de dire par opposition avec l'état fébrile hectique. L'état inflammatoire est dans le même cas : ici encore on doit se trouver arrêté par une phlegmasie aiguë, alors que ce qu'on a appelé l'état phlegmasique chronique, loin de constituer une contre-indication, fournit au contraire nombre d'indications, et des plus nettes.

Il est un état difficile peut-être à caractériser, et qui peut fournir, suivant le but à poursuivre ou à éviter, des indications ou contre-indications qui ne sauraient être soumises à une formule générale : certaines tumeurs solides semblent ne pouvoir disparaître qu'à la suite d'un travail qui aura préparé leur élimination, ou mieux leur évacuation possible, en les faisant passer à l'état liquide ou pâteux, c'est-à-dire en les faisant suppurer. L'électrisation variable appliquée à ces tumeurs, fatalement destinées à suppurer, hâte ce genre de terminaison de leur évolution, terminaison tantôt désirable et tantôt redoutable. Je ne vois à tirer de cette observation aucune indication ou contre-indication générale, mais elle répond à une condition dont il est bon d'être averti.

(A suivre.) Dr A. Tripier.

REVUE
DE
L'EXPOSITION DE VIENNE

LES MACHINES ÉLECTRIQUES

2e article (*Voir le numéro du 24 novembre 1883.*)

Machines à courants continus.

Des machines Gramme en assez grand nombre étaient exposées à Vienne par la *Société Gramme*, la Société l'*Eclairage électrique*, la *Compagnie électrique*, les maisons Bréguet, Sautter-Lemonnier, Mignon et Rouart, Heilmann-Ducommun et Brückner et Ross de Vienne.

Les différents types connus de la machine Gramme étaient représentés ainsi que les moteurs créés en 1881, mais la partie nouvelle de l'exposition Gramme était constituée par les deux machines destinées au transport de la force et qui alimentaient les nappes de la cascade placée au milieu de la Rotonde.

L'aspect général de l'une de ces machines est représenté dans la fig. 6. C'est, on le voit, un agrandissement du petit moteur, comprenant 4 groupes de trois aimants inducteurs et 4 pôles. Il est facile de se rendre compte que dans cette machine les épanouissements polaires sont trop faibles et qu'en outre l'emploi de trois noyaux

inducteurs pour chaque pôle est défectueux. On retombe là dans le défaut des machines Edison, défaut que l'on a trouvé avantageux de faire dispa-

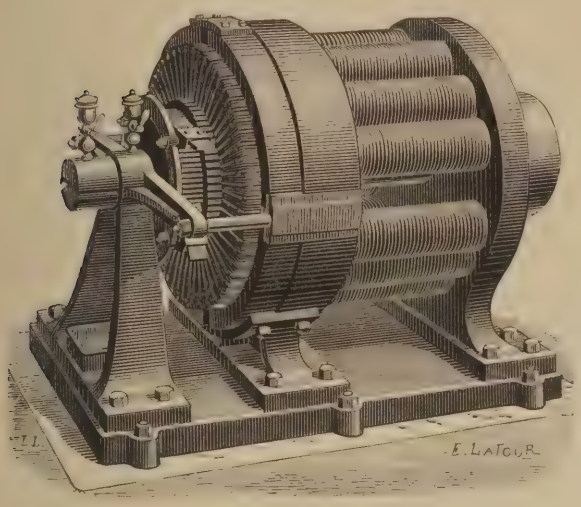


FIG. 6

raître dans la nouvelle dynamo Edison-Hopkinson.

Les deux machines étaient placées l'une dans

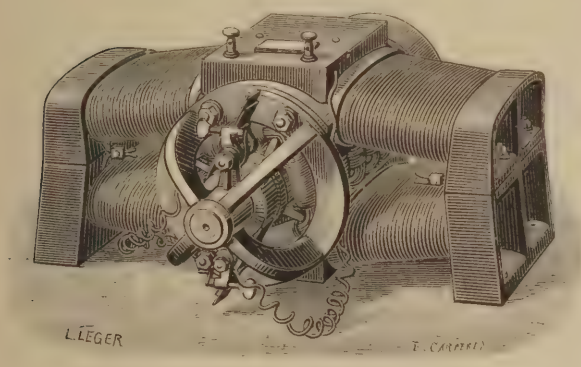


FIG.

l'emplacement réservé à la *Compagnie électrique*, l'autre à peine à cent mètres de là, sur le côté de

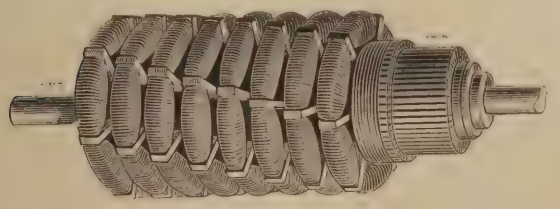


FIG. 8

la Rotonde. D'après les indications données, la génératrice marchait à 850 tours par minute et absorbait 50 chevaux, la réceptrice faisait 700 tours et donnait environ 30 chevaux employés à élever l'eau de la cascade placée au milieu de la rotonde.

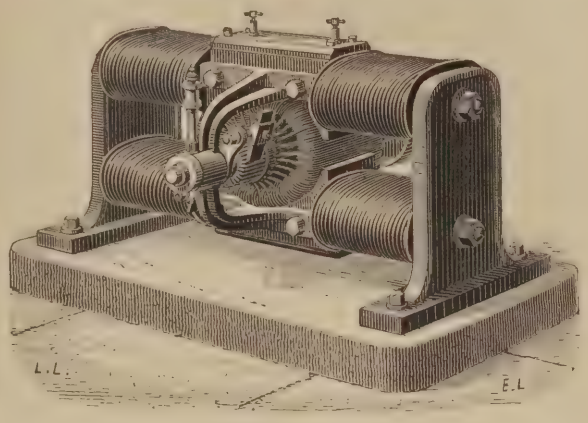


FIG. 9

Il faut remarquer cependant qu'une force auss grande ne semblait pas nécessaire pour mettre en

TYPE	NOMBRE de lampes de 20 candles alimentées	NOMBRE DE CHEVAUX absorbés		NOMBRE de tours par minute
		A	B	
A_2.	10	$1\frac{1}{2}$	2	2000
B_1.	25	$2\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	1200
B_2.	50	5	6	1200
D_2 S.	100	12	13	600
D_2.	100	10	12	950
D_2 L	125	13	14	850
D_2 D	180	18	20	1000
E_2.	250	25	30	650
H_1	500	»	»	»
M_1.	750	»	»	»

jeu cette cascade. Le jet d'eau qui en formait le centre était en effet alimenté par un réservoir

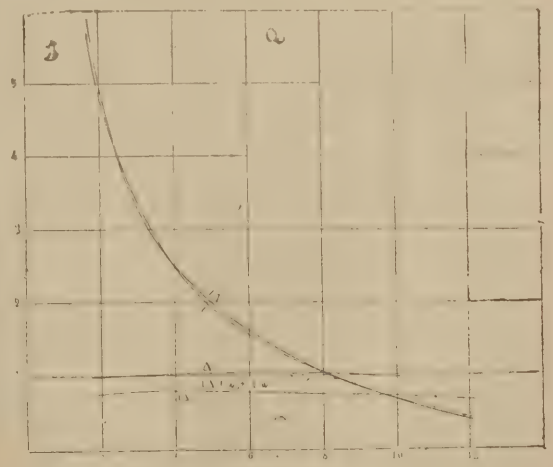


FIG. 10

élevé installé dans le Prater. L'eau qui provenait de ce jet d'eau formait en retombant une partie des

nappes ; la pompe animée par la réceptrice n'avait donc qu'à fournir la quantité d'eau nécessaire pour donner du corps aux nappes et son débit n'avait pas besoin d'être très grand.

Parmi les modifications de la machine Gramme qui ont pris le plus grand développement industriel, il faut citer la machine Schuckert, qui est aujourd'hui des plus employées en Allemagne.

Les différents types de cette machine, exposés à Vienne, ont déjà été énumérés dans *La Lumière Electrique* (n° du 8 septembre 1883), nous n'y reviendrons pas. Nous donnerons seulement dans le tableau ci-joint les principales valeurs numériques relatives aux principaux modèles et deux diagrammes (fig. 10 et 11).

Le diagramme de la figure 11 se rapporte à une

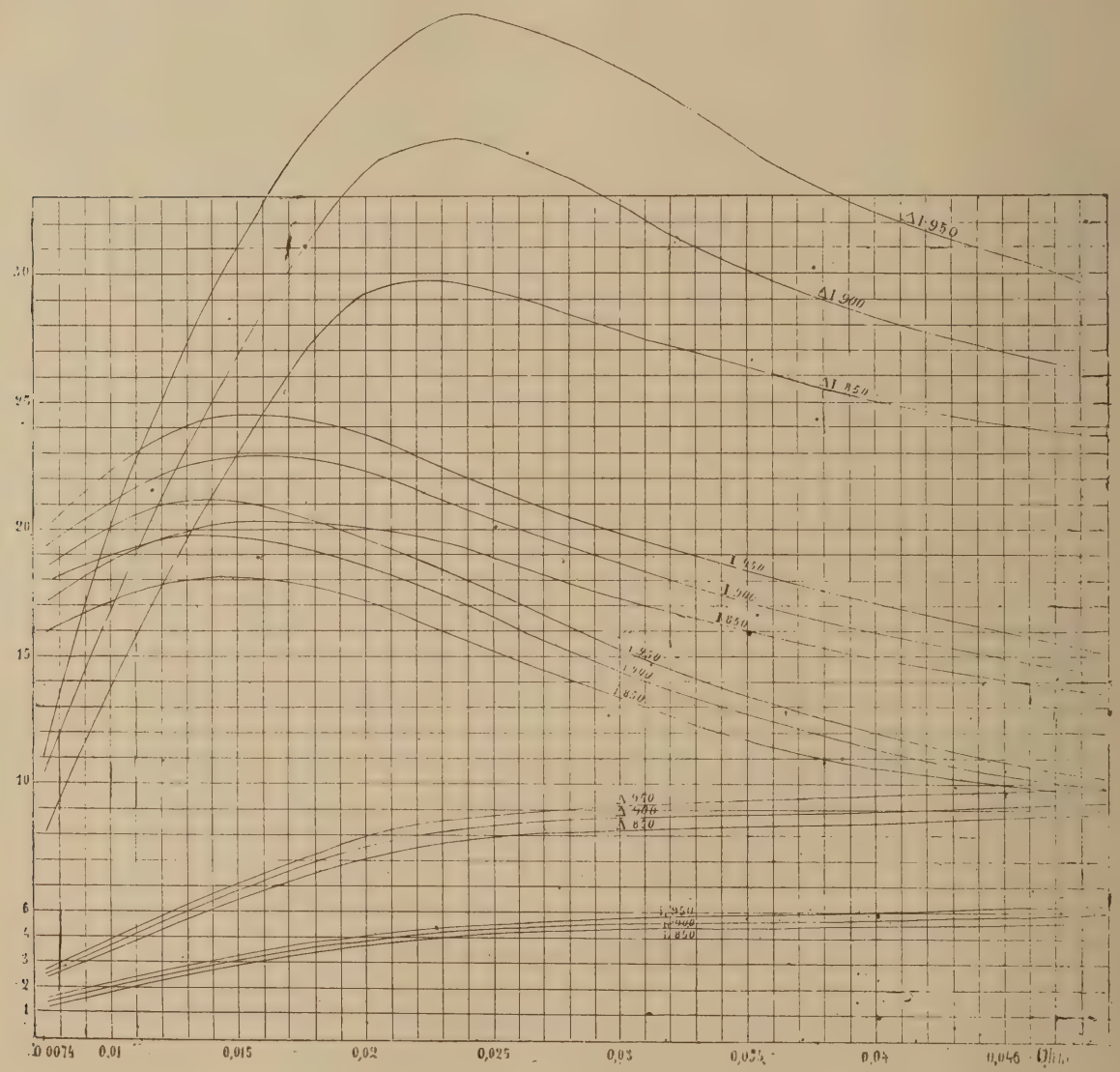


FIG. 11

machine à galvanoplastie N N_3 avec inducteurs en dérivation. Il donne les courbes de la machine pour les vitesses de 850, 900 et 950 tours avec des résistances extérieures variant de $0^{ohm},0074$ à $0^{ohm},05$. La résistance de cette machine à froid était : dans l'anneau, de 0,0030 ; dans les inducteurs, de 0,093 ; la résistance totale était de 0,0025. Les trois premières courbes au bas du diagramme marquées i_1 donnent l'intensité dans les inducteurs ; le second groupe Δ se rapporte à la différence de potentiel aux balais ; le troisième groupe *i* donne l'intensité dans le circuit extérieur, le quatrième I l'intensité dans l'anneau ; enfin les dernières courbes marquées Δ I, et qui devraient être marquées Δ *i*, donnent le travail dans le circuit extérieur.

Le diagramme de la figure 10 a trait à une machine J L_5 à double enroulement pour lampes à incandescence. La résistance de cette machine, qui

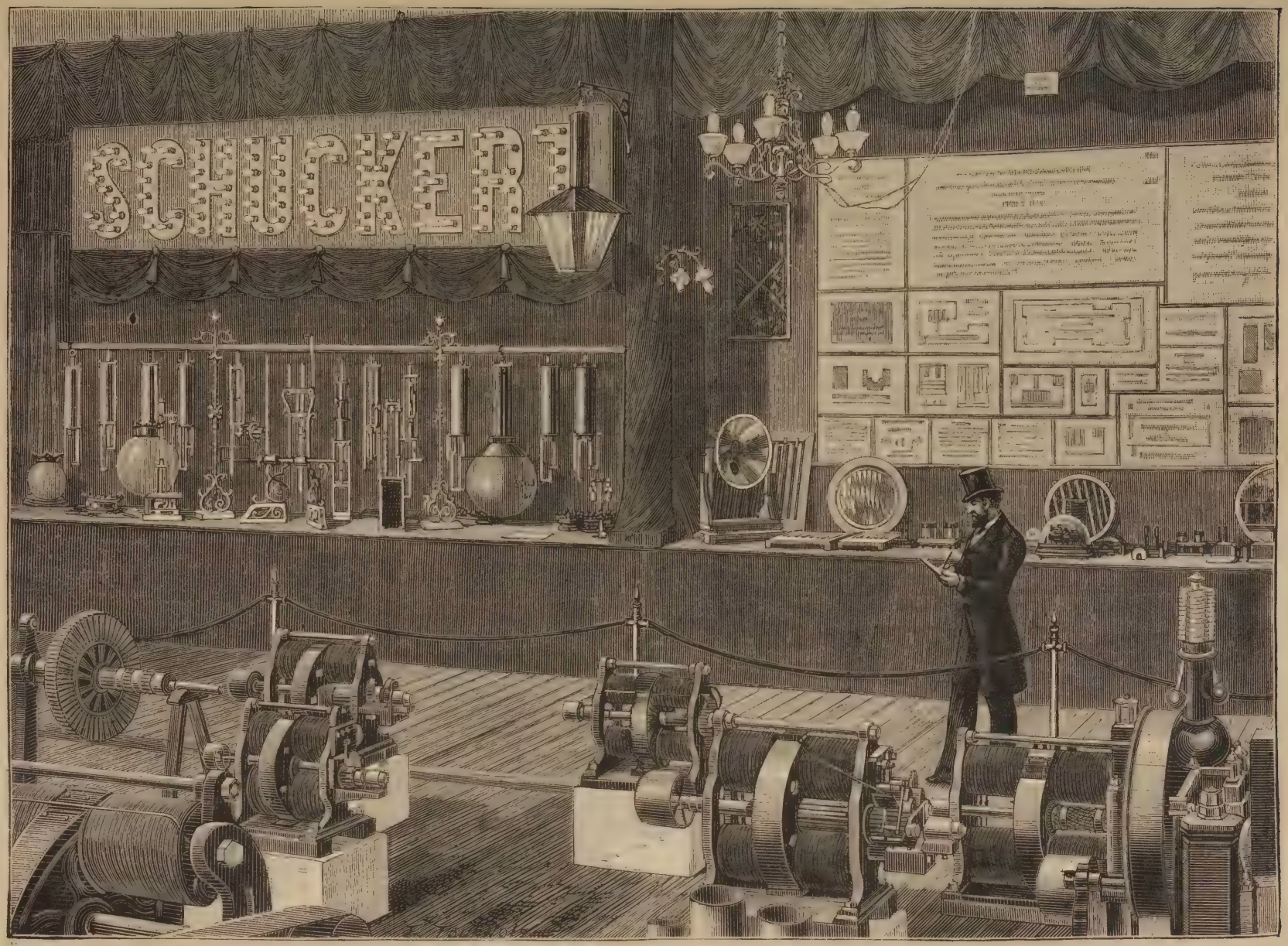


FIG. 12. — EXPOSITION DE LA MAISON SCHUCKERT

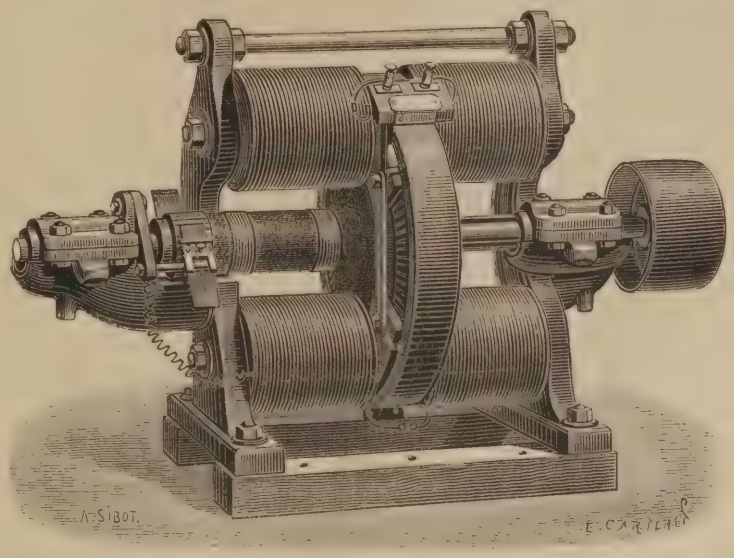
DONNÉES NUMÉRIQUES DE DIFFÉRENTS TYPES DE MACHINES SCHUCKERT

TYPE de la machine	NOMBRE de lampes alimentées	CUIVRE déposé par heure	ARGENT déposé par heure	NICKEL déposé par heure	NOMBRE de chevaux absorbés	INTENSITÉ en ampères	DIFFÉRENCE de potentiel	NOMBRE de tours par minute	DIMENSIONS de l'anneau		POIDS de la machine en kilog.	DIMENSIONS de la machine		
									largeur	épaisseur		longueur	largeur	hauteur
	candles						à la lampe volts		millim.	millim.		millim.	millim.	millim.
EL½	1 de 600	»	»	»	1	7	50	1300	98	64	90	590	253	344
1	1 1400	»	»	»	2	20	50	1100	98	64	150	743	369	418
2	1 4000	»	»	»	3	36	50	1000	147	109	200	856	418	536
3	1 7500	»	»	»	5½	50	50	950	177	147	325	964	443	600
4	1 12000	»	»	»	8	»	50	800	201	172	430	1161	497	669
	candles						à la lampe volts							
TL 1	2 de 1000	»	»	»	2	8	100	1200	98	64	150	762	369	418
2	3 —	»	»	»	3	8	150	1150	147	108	200	856	418	536
2*a*	4 —	»	»	»	4	8	200	1100	177	147	280	905	433	566
3	6 —	»	»	»	5½	8	300	1000	177	147	350	964	443	600
4	9 —	»	»	»	8	8	450	950	201	172	500	1161	497	669
5	14 —	»	»	»	12	8	750	750	236	196	880	1279	590	767
	candles						aux bornes de la machine							
JL½	5 de 16	»	»	»	1	3.6	110	1500	98	64	»	»	»	»
1	12 —	»	»	»	2	8,6	110	1300	98	64	»	»	»	»
2	18 —	»	»	»	3	13	110	1200	147	99	»	»	»	»
2*a*	25 —	»	»	»	4,3	18	110	1100	177	147	»	»	»	»
3	35 —	»	»	»	6	25,2	110	1000	177	147	»	»	»	»
4	50 —	»	»	»	8,5	36	110	900	201	177	»	»	»	»
5	72 —	»	»	»	12	51,8	110	750	236	201	»	»	»	»
6	400 —	»	»	»	60	288	110	500	»	201	»	»	»	»
		gr.					aux bornes de la machine							
GN½	»	816	»	»	1,5	200	2	950	98	64	80	590	253	344
1	»	1632	»	»	2	400	2	800	147	108	120	743	369	418
2	»	2000	»	»	3	490	2	750	147	108	180	856	418	536
3	»	4896	»	»	5,5	1200	2	650	177	147	250	964	443	600
4	»	7344	»	»	7	1800	2	600	201	172	360	1161	497	669
5	»	11424	»	»	9	2800	2	550	236	196	420	1279	590	767
			gr.	gr.			aux bornes de la machine							
NN½	»	»	560	170	1	90	4	1000	64	39	85	718	253	344
1	»	»	1200	340	1,5	200	4	800	98	64	130	885	369	418
2	»	»	2000	600	2,5	»	4	750	147	108	190	1013	418	536
3	»	»	3295	1000	3,5	600	4	650	177	147	265	1102	443	600
4	»	»	4790	1500	5	900	4	550	201	172	340	1309	497	669

marche à 700 tours, est pour l'anneau $0^{ohm},122$, pour les inducteurs, $28^{ohms},01$ et $0^{ohm},35$; la résistance totale est 0,469.

Le diagramme donne pour des résistances extérieures, variant entre 1 et 12 ohms, l'énergie $i\Delta$ dans le circuit extérieur et l'intensité i dans ce même circuit. Les deux lignes sensiblement horizontales représentent: l'inférieure, le rendement électrique, c-est-à-dire le rapport du travail électrique dans le circuit extérieur au travail électrique total, la supérieure, la différence de potentiel aux balais Δ qui, comme on le voit, est constante.

Nous ferons, d'autre part, remarquer dans ces machines des détails de construction fort bien compris, par exemple la disposition du bâti, qui, comme le montre la figure 13, est coupé de façon que l'on puisse très aisément séparer l'anneau du reste de la machine. Cela est précieux pour les réparations. Citons encore une disposition spéciale des balais; ils sont montés sur un arc mobile qui, non seulement peut tourner pour faire varier le calage, mais encore peut être enlevé et replacé dans une position inverse. De cette façon, on fait très aisément passer les balais de la position qu'ils occupent quand la machine est génératrice à celle qu'ils doivent prendre quand elle devient réceptrice.



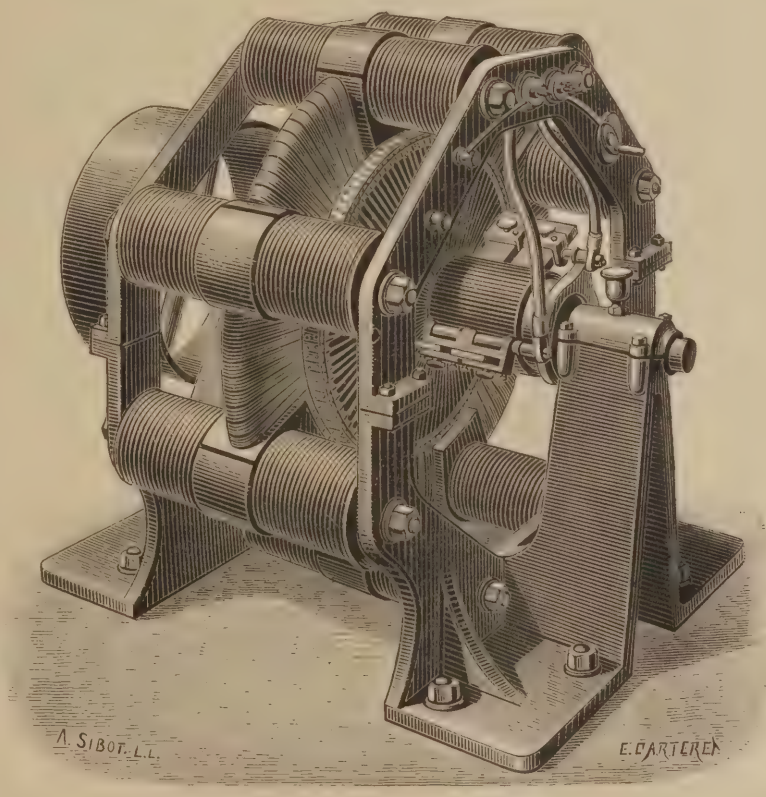


FIG. 13 ET 14

Mentionnons enfin que M. Schuckert avait adopté pour plusieurs de ses machines, comme la plupart des constructeurs allemands, le double enroulement employé pour la première fois en 1881, par M. Deprez.

A la machine Schuckert se rattachent immédiatement la machine Spiecker dans laquelle les inducteurs, disposés horizontalement, permettent d'enlever l'anneau par le haut du bâti, et les machines à courant continu de la Compagnie Brush.

Nous avons déjà eu occasion (*La Lumière Electrique*, n° du 30 juin 1883) de parler de ces dernières machines et des régulateurs automatiques qui les accompagnent.

Nous en représentons aujourd'hui, dans les fig. 14 et 15, deux types qui se trouvaient à Vienne et qui sont désignés par les noms de machines *Victoria* M_1 et D_2. Ces machines sont à anneau plat et construites de façon à pou-

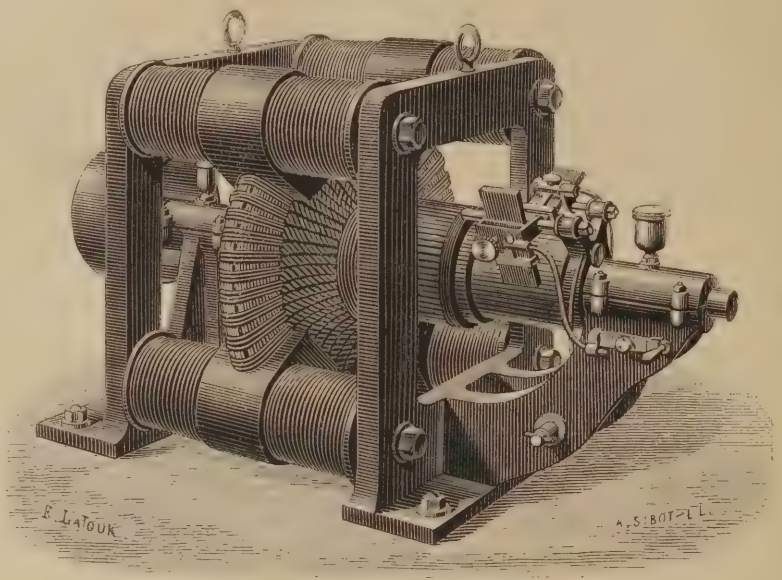
voir marcher à très grande vitesse. Elles sont multipolaires, mais par suite de connexions spéciales n'exigent que deux balais. On s'est appliqué, en outre, à ce que le fer employé pour leur construction mécanique soit, autant que possible, électriquement utilisé; aussi leur rendement est-il élevé : 95 o/o du travail mécanique absorbé sont convertis en énergie électrique et 88 o/o sont disponibles dans le circuit extérieur.

Le tableau de la page 437 renferme d'ailleurs quelques données sur les différents types des machines *Victoria*, c'est-à-dire des machines genre Schuckert, construites par l'*Anglo-American Brush electric light Corporation :*

Dans ce tableau, la colonne A indique le nombre de chevaux absorbés lorsque la machine travaille sur le chiffre de lampes indiquées; la colonne B donne le nombre minimum de chevaux qu'il est prudent d'avoir à sa disposition dans chaque cas.

La même Compagnie avait exposé également des machines Brush proprement dites; ces machines n'ont pas depuis leur apparition subi de transformation bien notable, mais la Compagnie a apporté beaucoup de soin à leur construction, et nous devons signaler, parmi les objets exposés par elle, des commutateurs et autres accessoires fort bien compris.

Entre autres appareils se rapportant à la machine Gramme, nous citerons encore la machine Egger et Kremenesky (fig. 9), qui ne représente guère de caractéristique que sa forme très compacte; celle de M. Gravier d'un type également assez ramassé, et celle de M. Krotlinger dans laquelle l'espace compris entre deux inducteurs plats est utilisé pour loger le collecteur et les balais.



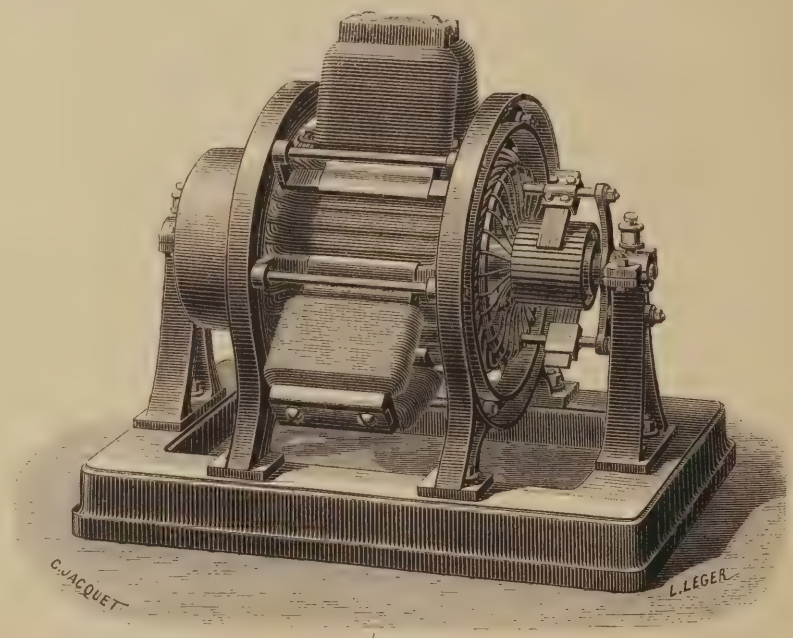


FIG. 15 ET 16

La machine Bürgin, dans laquelle les bobines partielles sont disposées en spirales autour du cylindre, est bien connue. Il nous suffira d'indiquer, dans les figures 7 et 8, la dernière forme donnée à cette machine. Quant à ses données électriques, on les trouvera en détail dans notre compte-rendu de l'Exposition de Munich.

Un type plus original que ceux que nous venons de citer est la machine Elphinstone et Vincent. La figure 17 en représente la coupe transversale, la figure 16 en donne une vue perspective.

L'inducteur est formé par six pôles extérieurs I et six pôles intérieurs E. Entre ces pôles tourne un cylindre de papier mâché A qui porte les fils induits.

Ceux-ci sont constitués par des cadres plats de la même longueur que le cylindre et ayant pour largeur la distance que sépare deux pôles, de sorte

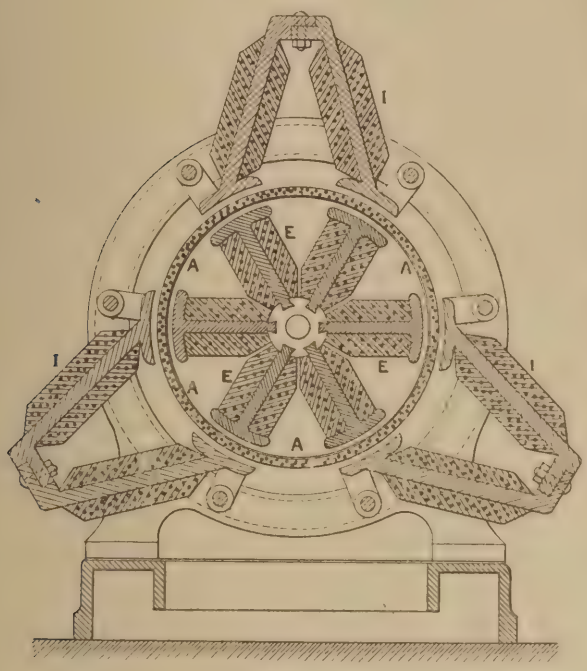


FIG. 17

que quand un de leurs grands côtés est influencé par un pôle, l'autre côté soit influencé par le pôle voisin de nom contraire. De cette façon, les cou-

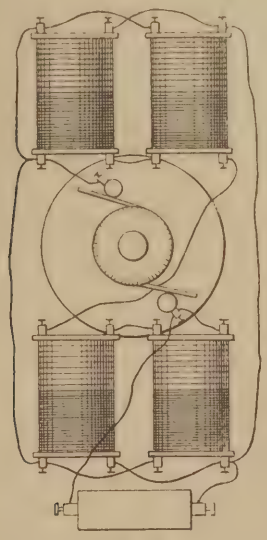


FIG. 18

rants produits dans les deux côtés du cadre s'ajoutent. Les cadres sont au nombre de trente-six. Ils sont placés les uns sur les autres de manière à se recouvrir partiellement, comme des cartes étalées d'un coup de main sur le tapis. Ils ne prennent

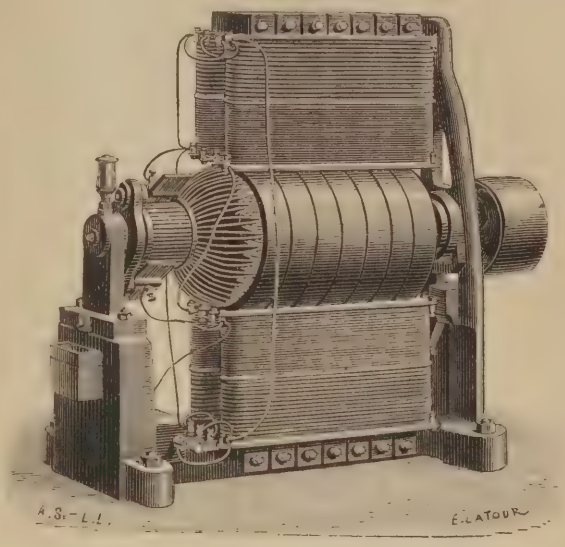


FIG. 19

ainsi qu'une faible épaisseur. Cette épaisseur est plus grande sur les bords du cylindre à cause des

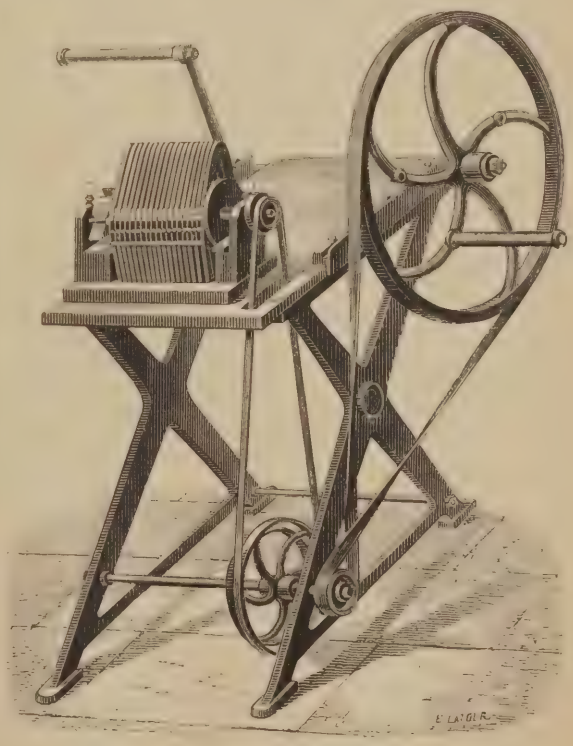


FIG. 20

petits côtés des cadres; mais, vers le milieu, une légère dépression permet de réduire l'épaisseur,

de sorte que la partie active passe à une très faible distance des pôles.

Les cadres sont reliés à un collecteur comme dans une machine Gramme ou Siemens, et, en raison des six pôles, la machine devrait avoir six balais, mais les lames du collecteur sont reliées trois à trois par des communications en triangle, et le nombre des balais a pu être réduit à deux.

La machine Elphinstone et Vincent est de petite dimension; elle n'a que 70 cent. de longueur, sans la poulie. A l'Exposition de Vienne, elle tournait à 1 000 tours, en fournissant un courant de 180 ampères avec 83 volts aux bornes de la machine; elle alimentait une longue colonne de lampes qui s'élevait presqu'au toit de la galerie, et comportait 400 lampes de 20 bougies du système Woodhouse et Rawson.

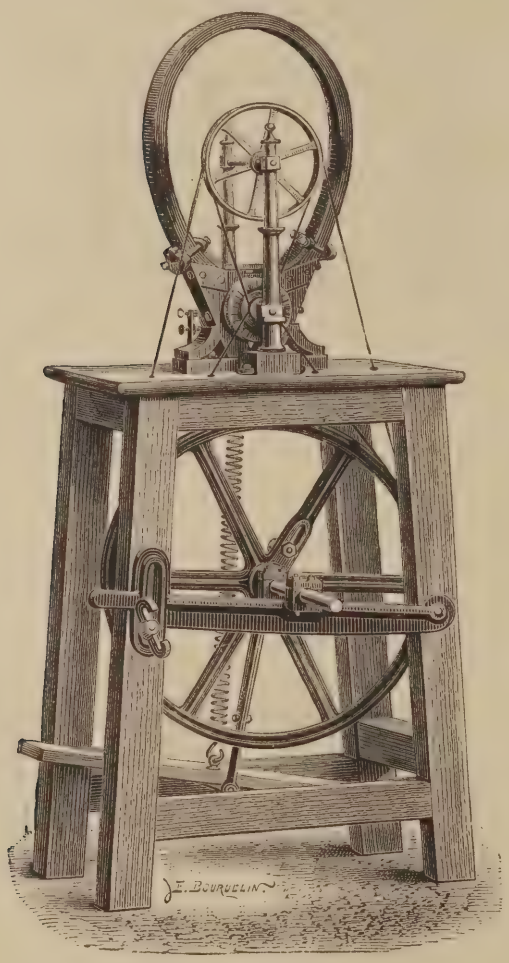


FIG. 21

Les machines Siemens formaient, elles aussi, en opposition avec les machines Schuckert, un des plus importants groupes de machines de l'Exposition de Vienne; on y trouvait tous les types bien connus de ces machines, qui ont été décrits dans *La Lumière Electrique*, et nous n'avons guère à signaler aujourd'hui que le nouveau type à double enroulement que représente la figure 9. Dans ce modèle, chaque inducteur est divisé en deux moitiés, enroulées l'une en fil fin, l'autre en fil gros; le schéma de la figure 18 montre le groupement des fils : le courant traverse en quantité les quatre enroulements de gros fil; les bobines de fil fin, réunies ensemble en tension, sont montées en dérivation sur les balais. Ces machines sont désignées par le signe G E 20; elles sont destinées à alimenter de 1 à 100 lampes à incandescence Siemens du type VI, de 25 bougies allemandes, ou bien de 1 à 200 lampes du type IV, de 16 bougies, ou bien encore de 1 à 300 lampes du type II, de 12 bougies.

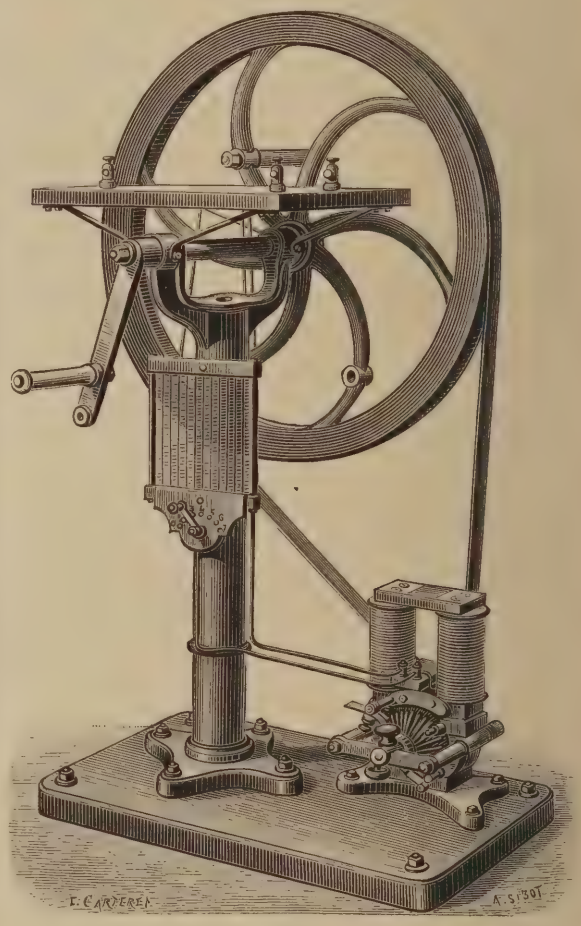


FIG. 22

Une tendance qui se manifestait d'une façon très nette à l'Exposition de Vienne, est l'application des machines dynamo-électriques aux cours et l'emploi de machines de petites dimensions pour constituer des tables d'expériences. Parmi les

nombreux appareils de ce genre qui étaient exposés, nous citerons la machine Gramme à aimant Jamin (fig. 21), mue par une pédale, et que fabrique depuis longtemps la maison Bréguet; la machine Siemens (fig. 20) à aimants en V, montée pour être tournée à la main à l'aide d'une manivelle et d'un volant, la machine Fein (fig. 22) et celle de Krotlinger (fig. 23), montées d'une façon analogue à la précédente et munies chacun d'un rhéostat, et enfin la machine de M. Gérard (fig. 24), montée d'une façon très compacte, mais qui n'est, comme type de machine, que la reproduction de la machine à galvanoplastie de Weston.

Les figures expliquent d'elles-mêmes ces diffé-

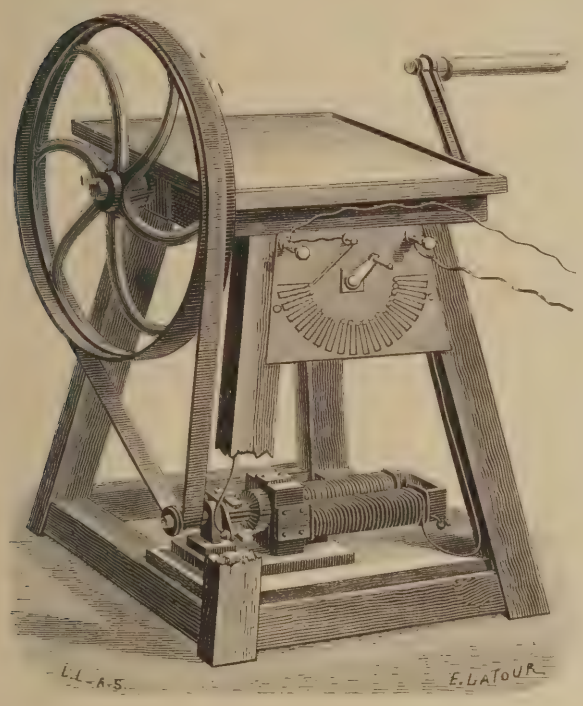


FIG. 23

rentes dispositions, et nous n'avons pas à nous étendre davantage sur ces appareils, d'ailleurs très simples.

Un autre point sur lequel nous appellerons l'attention est le montage des machines dynamo-électriques, de façon à pouvoir modifier leur distance à l'arbre de transmission et à être ainsi à même de faire varier la tension de la courroie.

A l'Exposition de 1881 à Paris, les seules machines qui fussent montées de cette façon, étaient les machines Brush. Le bâti en bois sur lequel reposaient ces machines pouvait être déplacé parallèlement à lui-même au moyen de deux vis passant dans des écrous et qu'il fallait tourner toutes deux en même temps.

A Vienne on remarquait plusieurs dispositions analogues, un peu moins primitives cependant; celle qui nous a paru le mieux comprise était celle adoptée par MM. Schwerd et Scharnweber pour leurs machines que nous avons eu l'occasion de décrire à propos de l'Exposition de Munich.

Deux rails parallèles en fer réunis à l'une de leurs extrémités par une pièce horizontale en forme de V sont fixés sur le socle en pierre de la machine. Entre ces deux rails, et guidé par eux, peut se mouvoir un cadre également en fer et sur lequel est montée directement la machine dynamo-élec-

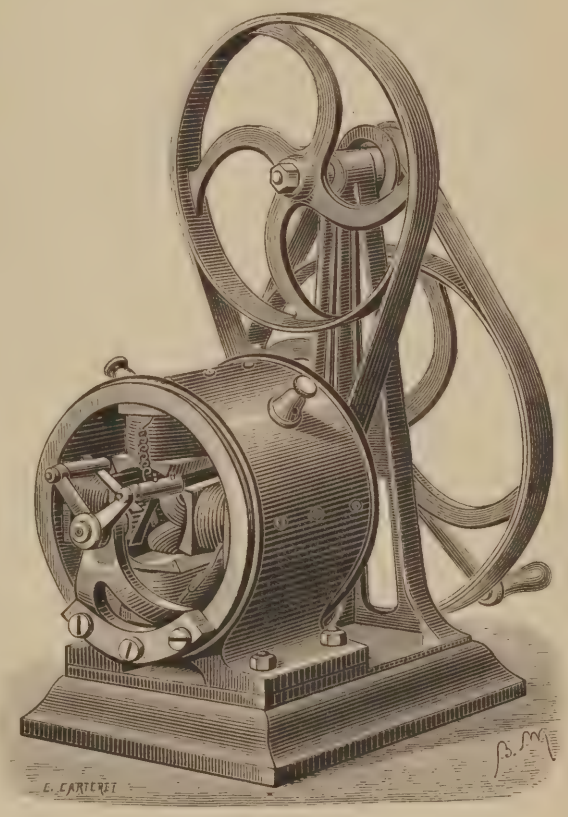


FIG. 24

trique. Une vis dont l'extrémité tourne librement dans ce cadre passe dans un écrou fixe qui forme le sommet du V et se termine par une petite roue de manœuvre. En tournant cette roue dans un sens ou dans l'autre, on fait avancer ou reculer le cadre et le réglage de la tension de la courroie se fait ainsi par une manœuvre exécutée en un seul point.

Pour compléter les détails que nous avons donnés sur les differentes machines, on a représenté dans la figure 12, l'aspect pittoresque d'une partie de l'exposition des machines, l'emplacement réservé aux machines Schuckert et aux autres exhibits de la même maison.

AUG. GUEROUT.

CHRONIQUE DE L'ÉTRANGER

Correspondances spéciales

Angleterre

LA FABRICATION DES BOBINES DE RÉSISTANCE. — Samedi le 23 février, M. le professeur Silvanus P. Thompson de Bristol a exposé devant la Philosophical Society de Londres une nouvelle méthode de fabriquer des bobines de résistance qui mérite d'être signalée.

Le procédé ordinairement employé par les meilleurs fabricants en Angleterre est de couper une quantité suffisante de fil (généralement en maillechort) et d'en faire un essai approximatif. Le fil est ensuite plié en double sur lui-même et roulé autour de la bobine, mais la boucle ou courbure est coupée et les bouts mis à nu. On soude entre ces bouts un petit morceau de cuivre formant pont et cette pièce est déplacée de haut en bas jusqu'à ce qu'on obtienne la résistance voulue. On permet alors à la soudure fondue par la chaleur de se durcir et de fixer ainsi la pièce. On pourrait critiquer la méthode à cause de l'échauffement du joint au moment de l'observation définitive, car la résistance du joint ainsi chauffé ne peut être la même que quand il est à froid. Il faut environ une heure pour faire une bobine de cette manière. La méthode du professeur S.-P. Thompson est moins longue et n'a pas l'inconvénient de l'échauffement, mais elle demande plus de fil et se prête mieux à la fabrication de bobines au-dessous de 10 ohms. Elle consiste à « shunter » un fil par l'autre, de sorte que la résistance totale des deux devient la vraie résistance de la bobine. L'idée a déjà été exposée il y a quelques années par le professeur Fleeming Jenkin, mais elle n'a jamais été pratiquement appliquée à la construction de boîtes de résistance.

Le professeur Thompson coupe d'abord une longueur de fil donnant à peu près la réslstance de la bobine qu'il désire faire, en réalité environ 2 pour cent en plus. Si on désigne cette résistance mesurée par R et la résistance définitive de la bobine par r, alors la résistance du *shunt* s nécessaire pour donner la résistance r est $S = \frac{R\,r}{R - r}$.

On coupe et essaie ensuite une longueur de fil donnant une résistance approximativement égale à s; elle doit avoir environ 2 pour cent en plus. Les bouts de ce morceau sont ensuite soudés aux bouts de la première longueur du fil et la résistance finale r est ainsi obtenue.

Les fils réunis sont alors enroulés sur la bobine de la manière ordinaire. L'acajou vieux, sec et cuit, trempé dans de la paraffine fondue remplace très bien l'ébonite.

UN NOUVEAU PONT DE WHEATSTONE A MÈTRE DIVISÉ. — Le professeur S.-P. Thompson a aussi modifié avantageusement le pont bien connu à mètre divisé. Il porte la longueur du fil d'un mètre à deux, et tend deux fils W W′ (fig. 1) au lieu d'un seul. L'un des fils a 1/4 d'ohm de résistance, l'autre a $8^{ohms},21$, et on prend le contact sur l'un ou l'autre, à volonté, avec le curseur C.

Par cet arrangement, on peut mesurer des résistances plus grandes qu'avec l'ancien pont ordinaire. Pour un travail très délicat, le nouveau pont est muni d'un commutateur d'une construction spéciale à godets de mercure destiné à transposer les bobines extérieures comme dans la méthode du professeur Carey Foster sans déplacer celles-ci. Les bobines sont transposées sur le pont en changeant les contacts de cuivre dans les godets de mercure. Ainsi dans la figure 1 qui montre les

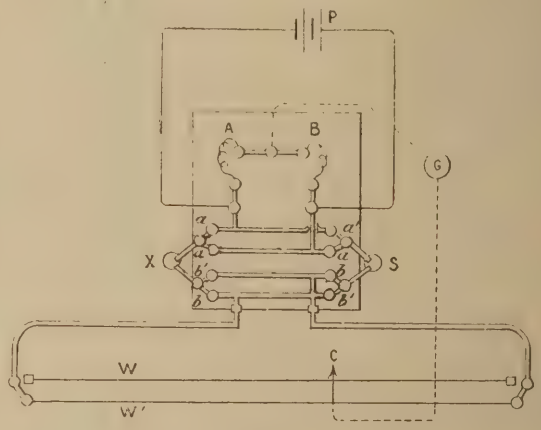


FIG. 1

connexions du nouveau pont, X et S sont les bobines à transposer, et ceci se fait en amenant les contacts de cuivre des positions $a\,b$, $a\,b$ aux positions $a'\,b'$, $a'\,b'$; dans la figure, G est le galvanomètre, P la pile et A B sont les deux autres résistances qui forment les deux autres bras du pont. L'un ou l'autre des deux fils W W′ peut être employé selon que la résistance à mesurer est plus ou moins grande. Si on emploie des godets de mercure, les communications doivent être faites par de fortes barres en cuivre, car les contacts de mercure donnent des résistances différentes s'il n'y a pas un degré défini de pression.

Chaque godet doit avoir un fond en cuivre avec lequel la pièce en cuivre doit faire son contact.

Les bouts des barres de cuivre doivent aussi être amalgamés. On pourrait se servir d'une clef au lieu des godets de mercure pour transposer les bobines par un seul mouvement, et M. Shaw, du Cavendish Laboratory à l'Université de Cambridge s'occupe en effet maintenant de la construction d'une clef de ce genre.

LA DISTANCE DES ÉTINCELLES DANS L'AIR. — Une série d'expériences a été faite dernièrement dans le laboratoire du professeur G. Carey Foster pour déterminer les différences de potentiels nécessaires pour donner des étincelles dans l'air. Ces expériences ont été faites avec deux boules de laiton d'un rayon de 1,35 centimètres; la charge étant fournie par une machine à frottement. La différence de potentiels a été mesurée par un électromètre absolu disposé par le professeur Foster, dans lequel l'attraction d'un disque est contrebalancée par un fléau et un plateau de balance.

La relation approximative entre la distance et la différence de potentiels nécessaires pour donner une étincelle est donnée par la formule :

$$V = 102\,d + 7{,}07,$$

dans laquelle

V = la différence de potentiels,
et d = la distance en centimètres.

On a ainsi pour

	Valeur calculée	Valeur expérimentale
d = 0,25 c/m	9,6	7,8
0,12 —	19,3	19,1
0,3 —	37,7	38,2
0,405 —	48,4	49,3
0,5 —	58,1	58,3
0,7 —	78,5	77,9
0,85 —	93,8	92,2

Pour des étincelles plus longues les valeurs expérimentales sont plus petites que celles calculées d'après la formule ci-dessus.

Avec ces deux boules le maximum de force électrique pour donner l'étincelle fut calculé pour les distances suivantes.

d	Maximum de force électrique
0,142	154,76
0,284	133,35
0,355	132,91
0,497	131,66
0,9	138,57

Le maximum de force électrique est donc moindre pour les plus grandes distances, et après avoir atteint une valeur minimum quand il est égal à 0.497 centimètres, il commence à remonter.

UNE CLEF SANS ÉTINCELLES. — Les étincelles données par les clefs et commutateurs en interrompant le courant d'une dynamo présentent un inconvénient sérieux non seulement parce que c'est une perte d'énergie électrique, mais surtout à cause de la détérioration de l'appareil et du risque d'incendie; et on cite des cas où les parties en bois d'un bateau à vapeur ont pris feu par les étincelles d'un commutateur. Les professeurs Ayrton et Perry ont donc inventé une clef qui ne donne aucune étincelle en interrompant le courant. L'effet se produit en introduisant des résistances dans le circuit l'une après l'autre afin d'affaiblir le courant successivement jusqu'au moment de l'interruption complète.

Par des calculs et des expériences, ces résistances sont spécialement adaptées pour ce but. La clef qu'on construit maintenant agit par un ressort qui entre en jeu quand on lâche le manche, et qui pousse celui-ci en avant en introduisant toutes les résistances l'une après l'autre, et supprime ainsi l'étincelle.

Une clef de ce genre peut interrompre tout le courant d'une dynamo sans aucune étincelle.

UNE MONTRE MAGNÉTISÉE. — Il arrive fréquemment que les montres deviennent magnétisées, parce que le porteur s'approche d'une machine dynamo, et cet inconvénient a donné naissance à une nouvelle espèce de montres non magnétisables. A l'Exposition d'électricité de Vienne, on vendait des boîtes en fer doux ou des écrans magnétiques pour les montres, mais leur utilité pratique n'a pas été annoncée. De source privée nous avons parfois appris qu'ils ont rendu d'assez bons services, mais on n'a publié aucune expérience déterminée pour fixer leur valeur. Les expériences du professeur George Forbes prouvent la possibilité de construire une très bonne montre non magnétisable. Quelques-unes des montres ainsi nommées ne le sont pas en réalité, mais MM. E. Dent et Cᵉ ont modifié un chronomètre de poche de M. Forbes, de sorte qu'il est devenu absolument non magnétisable et peut être placé sur les pôles d'une dynamo sans en être aucunement influencé. La montre de M. Forbes était complètement magnétisée il y a quelque temps et perdait plusieurs minutes par jour ; il s'aperçut en outre, que la perte variait selon la position ou l'azimuth de la montre, sans doute à cause de sa direction dans le champ magnétique de la terre. La perte par heure était plus grande si la montre pointait nord ou ouest, et moindre pour le sud-ouest ou le sud-est.

Il y avait également des variations si la montre était placée à des angles différents dans un plan vertical. L'examen démontrait que la barre du balancier était fortement magnétisée ainsi que plusieurs vis en fer. Les montres de Genève qui ne possèdent pas cette barre ne sont pas aussi facilement dérangées dans leur marche par le magnétisme. Le changement de marche peut être causé par la magnétisation du ressort en acier, de la barre du balancier ou des vis, ou bien par ces trois causes combinées.

Dans la montre de M. Forbes, la cause principale était peut-être la magnétisation de la barre.

Une partie de l'effet était peut-être provoquée par des courants induits d'Arago dans l'or de la boîte créés par les mouvements de la barre. En tout cas la montre fut délivrée de son magnétisme en enlevant les vis en fer, en remplaçant le ressort en acier par un autre en or, et en introduisant un balancier en platine et argent. Elle fut pourtant toujours exposée à de faibles variations à cause de la malléabilité du balancier en platine et argent qu'on a remplacé par du platine et iridium. Le professeur Forbes a ingénieusement suggéré qu'un chronomètre intégrateur qui donnerait le cours moyen d'un navire pourrait être construit en employant le magnétisme avec le chronomètre.

INDUCTION SUR LES CIRCUITS TÉLÉPHONIQUES. — M. Smillie a dernièrement fait des expériences téléphoniques intéressantes sur les lignes de la National Telephone C° entre Greenock et Glasgow. La ligne téléphonique principale entre ces deux villes est placée à côté d'un fil télégraphique du gouvernement, et pour supprimer le bruit de l'induction, on s'est servi de l'arrangement montré par la figure 2, où $Inst_1$ et $Inst_2$ représentent les deux téléphones, et E_1 E_2 E_3 E_4 sont les plaques de terre. Deux bobines en fil fin, plates, circulaires et parallèles $P\,C_1$ et $P\,C_2$, sans aucun noyau en fer sont placées dans les bureaux à chaque bout, reliées par la ligne principale et une ligne en boucle métallique comme le montre la figure 2. Les expériences ont très bien réussi, et le système est maintenant employé, croyons-nous, d'une façon définitive sur la ligne qui a plus de 20 milles de longueur.

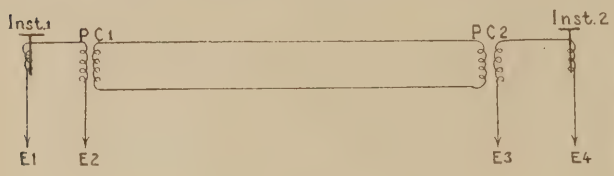


FIG. 2

Le système neutralise les effets de l'induction et occasionne moins de retard dans les courants que les bobines d'induction avec noyaux en fer.

J. MUNRO.

REVUE DES TRAVAUX
RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Cloche vibrant électriquement.

Le journal *Le Rhône* cite dans un de ses récents numéros la description d'une expérience publiée en 1868, par le *Bulletin de la Société Vaudoise des sciences naturelles*, et qui est à rapprocher des électro-aimants chantants de Page, considérés comme précurseurs du téléphone :

« Si on fixe solidement un électro-aimant à une distance de un à deux millimètres d'une cloche en fer fondu, rendue immobile, chaque fois qu'un courant électrique circulera, l'action électromagnétique se fera sentir sur la cloche, et un effet tendant à attirer celle-ci sera produit sans qu'il y ait aucun contact entre l'électro-aimant et la cloche, puisque l'un et l'autre doivent être fixés à la distance indiquée ci-dessus. Si à ce moment on rompt le circuit, l'attraction sera brusquement détruite et la cloche rendra un son dont la puissance sera en raison de l'intensité du courant électrique et du nombre de spires de l'électro-aimant; il sera aussi plus fort si l'interruption a été faite avec un appareil disposé pour rendre l'interruption plus brève et plus complète.

« On pourrait construire d'après ce principe des sonneries vibrant par l'influence directe du courant, c'est-à-dire sans l'intermédiaire d'un mécanisme agitant le marteau qui frappe sur la cloche. »

Sur les communications téléphoniques.

Dans le numéro de janvier 1884 de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, M. E. Zetzsche reprend le problème relatif à la transmission des signaux d'un abonné à l'autre lorsque ces abonnés communiquent par un seul fil à des postes reliés entre eux à l'aide d'une double ligne. C'est le cas que représente d'une façon schématique la figure 1. On se rappelle que M. C. Elsasser a résolu la question en intercalant des piles auxiliaires dans chaque bureau; nous avons reproduit dernièrement, et ici même, cette installation [1].

M. E. Zetzsche apporte une nouvelle solution en faisant fort justement remarquer qu'on aurait tort de s'astreindre à employer des courants continus pour le fonctionnement des sonneries d'appel; ces appareils peuvent, en effet, très bien marcher à l'aide de courants alternatifs. Rien n'empêche dans ce cas de se servir des inducteurs J_1 et J_2 (fig. 1) pour les appels, comme on s'en sert pour la transmission téléphonique. On objectera qu'il résulte des expériences faites par M. C.-A. Nystrœm en 1883 entre les deux villes de Malmœ et de Sund, sur une étendue de 18 kil., que cette série d'inductions affaiblit le courant au point de le rendre impropre à la marche des appareils dans la station extrême.

Il faut dire que dans ces expériences le courant qui arrivait dans le premier inducteur J_1, en supposant que l'appel vînt de gauche, était déjà un

(1) *Lumière Electrique*, t. XI, p. 213.

courant induit provenant d'une petite machine d'induction, de sorte que l'on se trouvait en réalité en présence de trois inductions successives.

M. E. Zetzsche se place dans des conditions bien plus avantageuses en employant la disposition de la figure 2, dans laquelle la station qui appelle fait usage d'un courant continu : le service des bureaux n'en est pas plus compliqué pour cela. Supposons, en effet, les fiches U_1 et U_2 qui terminent les cordes métalliques souples N_1 et N_2

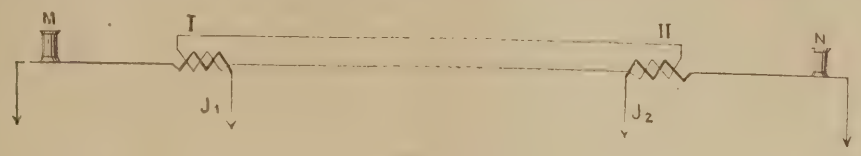


FIG. 1

enfoncées dans les trous des tableaux correspondant aux abonnés qui demandent à entrer en communication.

Le courant qui arrive de gauche passe par U_1, N_1, a_1, traverse une des bobines de l'inducteur J_1 et l'électro-aimant de la sonnerie W, puis se ferme par la terre en E. L'armature h_1 est attirée et s'applique contre la borne c_1, mais aussitôt il se forme

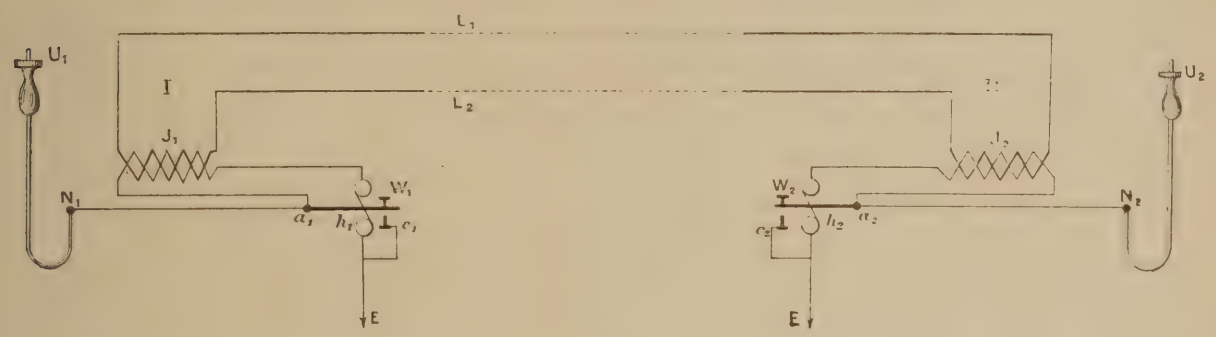


FIG. 2

un court circuit par c_1, E, l'électro-aimant n'agit plus, et l'armature revient à la position de la figure. Il en résulte une série de courants induits dans la ligne L_1, L_2, et le même jeu se reproduit dans le poste II, d'où le courant gagne la station de l'abonné de droite.

Les armatures h_1 et h_2 vibrent à l'unisson, de sorte que les bureaux I et II sont informés de

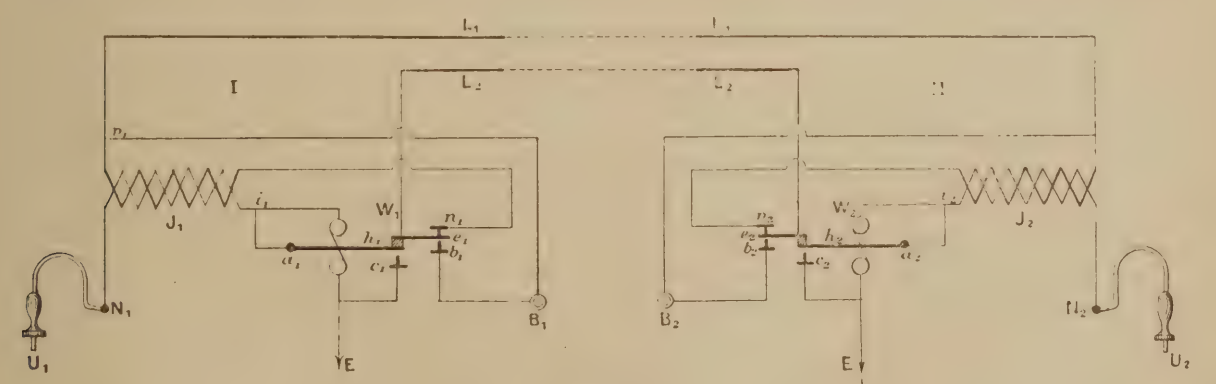


FIG. 3

chaque appel que s'adressent les abonnés. La transmission des courants téléphoniques se fait comme de coutume par l'intermédiaire des inducteurs J_1 et J_2, ces courants étant trop faibles pour influencer les armatures h_1 et h_2.

Au cas où le courant qui arrive chez l'abonné qu'on appelle serait trop faible pour le bon fonctionnement des appareils, bien que la première induction ait lieu dans le bureau I, on aurait recours à la disposition représentée figure 3, qui n'est pas bien plus compliquée que la précédente.

L'armature, dont le jeu sert à interrompre le

courant, se compose de deux pièces e_1, h_1, isolées l'une de l'autre, et occupant au repos la position indiquée dans la figure. Lorsque la station de gauche envoie un courant continu dans le bureau I, le courant suit le même chemin que précédemment : il y a attraction de l'armature double, mais comme on a ménagé un écart moindre entre b_1 et e_1 qu'entre h_1 et c_1, c'est l'armature e_1 qui s'applique tout d'abord sur la borne b_1 : la pile B se trouve intercalée dans la ligne L_1 L_2 par v_1 e_1 b_1 : de là une première induction en J_2. Mais sous l'action continue du courant dans la station I, l'armature h_1 fléchit jusqu'à venir en contact avec la borne c_1 ; à ce moment, il se forme un court circuit par a_1 c_1 et la terre ; l'armature reprend brusquement sa position de repos, et le courant est interrompu dans la ligne entre e_1 et b_1 : il en résulte une deuxième induction dans le bureau II. Ce manège continue aussi longtemps que la station qui appelle tient le circuit de ses piles fermé. On voit que dans ce cas il n'y a qu'une seule induction en J_1 ou en J_2, suivant le cas considéré. Même observation que précédemment pour les courants téléphoniques.

La construction de la lampe Edison (1).

Nous empruntons à une étude de M. J. Zacharias sur la construction des lampes à incandéscence en général, quelques détails relatifs à la lampe Edison. La forme de cette lampe est trop connue de tout le monde pour qu'il soit utile de revenir dessus.

FIG. 1

FIG. 2

Voyons d'abord comment se fait le globe. On commande à cet effet, dans une fabrique de verre, une série de ballons qui affectent la forme de la figure 1 et de tubes cylindriques (fig. 4) ; ce verre

FIG. 3

doit être absolument exempt de plomb. Les figures ci-jointes sont au tiers de la vraie grandeur. On donne successivement aux ballons (fig. 1), en les soufflant, les formes représentées figure 2 et figure 3. Le tube cylindrique reçoit par le même procédé un renflement en son milieu (fig. 5). On fait passer dans ce tube deux fils de cuivre très fins, auxquels on soude en p, p, (fig. 5) deux bouts de fil de platine, puis on ramollit le verre et on le comprime autour de ces derniers fils (fig. 6), de façon à former une fermeture bien hermétique.

Il est indispensable de faire usage, pour ce joint, de fil de platine, attendu que ce métal possède le

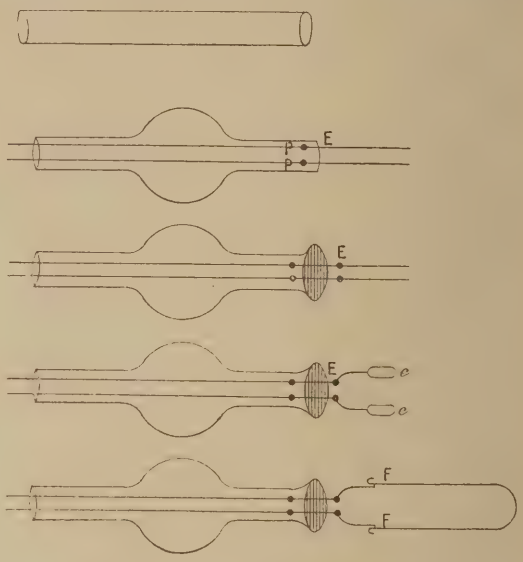


FIG. 4 A 8

même coefficient de dilatation que le verre. Les fils de platine se soudent de nouveau en E (fig. 6 et 7) à deux fils de cuivre dont les extrémités e sont applaties de façon à embrasser le filament de charbon F (fig. 8). Les soudures dont nous venons de parler se font au chalumeau.

Le filament de charbon s'obtient à l'aide de tiges de bambou auxquelles on donne la forme représentée figure 8 a, en ayant soin de les faire aussi régulières que possible dans toute leur longueur.

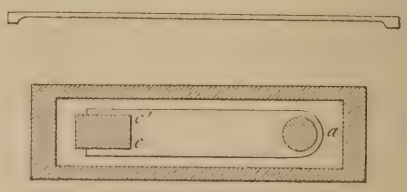


FIG. 8 a ET 8 b

Ces tiges sont pliées en forme de fer à cheval dans des caisses réfractaires (fig. 8 b) et portées au four. Lorsque l'on juge la carbonisation terminée, on retire les caisses et on essaie l'élasticité et la résistance des différents filaments que l'on affecte à divers types de lampes, selon leurs propriétés.

Pour la lampe de 16 bougies, la section du fila-

(1) *Elektrotechnische Rundschau*, n° 4, 1884.

ment est un carré de 0,1 à 0,2^{mm} de côté ; l'intensité lumineuse est proportionnelle à la surface d'incandescence. En moyenne, cette lampe doit pouvoir brûler pendant 800 heures : exceptionnellement quelques lampes ont présenté une durée d'incandescence beaucoup plus considérable.

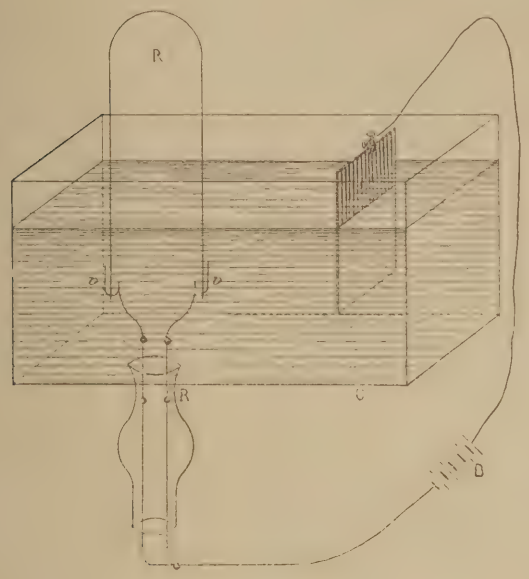


FIG. 9

On fixe alors, comme nous l'avons dit plus haut, les extrémités du fer à cheval au bout du fil de cuivre *e*, et l'on porte le tout dans un bain de cuivre (fig. 9). Un joint étanche se trouve disposé en R et une batterie de piles en B, de sorte que le

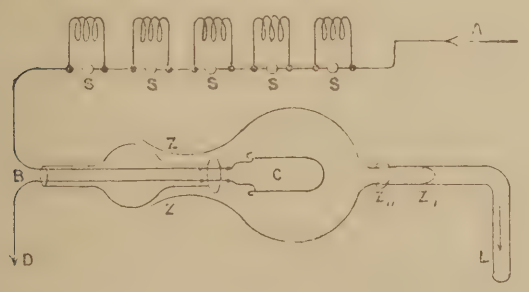


FIG. 10

dépôt de cuivre s'effectue en *v v*. Ces opérations terminées, on soude l'un à l'autre les deux ballons de verre en Z (fig. 10) et on procède à l'extraction de l'air.

Cette manœuvre est de beaucoup la plus importante, car la durée d'incandescence dépend surtout du degré obtenu dans le vide, aussi y apporte-t-on le plus grand soin.

L'appareil employé pour faire le vide est une pompe à mercure, qui communique avec l'orifice L du ballon. Lorsque l'on estime que l'opération est près de sa fin, on lance dans le filament un courant très faible qui le porte au rouge ; on ouvre ainsi les pores du charbon et on extrait l'air que ce même charbon peut renfermer. A l'aide d'un rhéostat disposé en S on augmente graduellement l'intensité du courant, ce qui permet de juger du degré du vide dans le ballon ; finalement on ferme le ballon en Z_1 et on termine pour plus de sûreté cette fermeture par une boule de verre

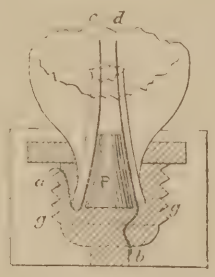


FIG. 11

Il reste à dire quelques mots du socle de la lampe. Les fils *c* et *d* (fig. 11 et 12), dont l'écartement est maintenu invariable à l'aide d'un bouchon de liège P, viennent se souder en *a* et en *b* : le premier à une vis de laiton *g*, et le second à un contact C du même métal ; l'intervalle se trouve rempli de plâtre. Pour éviter la formation de tout court

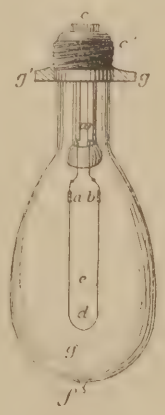


FIG. 12

circuit dans la lampe, on garnit le fil conducteur en W d'une enveloppe isolante en coton. Enfin un collier *g*, *g'* en plâtre permet de visser la lampe sur son pied sans crainte de briser le verre.

Nous donnons, pour terminer, un tableau représentant les différents types de lampes actuellement fabriqués par la maison Edison. Pour les rues et places on prend généralement des lampes de 32 bougies, pour les endroits clos des lampes de 16

bougies, et enfin dans beaucoup de cas (fabriques, minoteries, etc.) des lampes de 8 bougies.

LAMPE EDISON

TYPE	INTENSITÉ en Bougies	DIFFÉRENCE de potentiel en volts	RÉSISTANCE à chaud en ohms	INTENSITÉ en ampères
A	10	102	208	0,490
A	16	102	137	0,745
A	16	105	140	0,747
A	16	100	121	0,828
A	16	95	103	0,920
A	32	107	96	1,110
B	8	51	69	0,745
B	16	51	42	1,200

Après avoir insisté avec quelque détail sur la construction de la lampe Edison, M. J. Zacharias consacre dans le numéro 5 de l'*Electrotechnische Rundschau*, la dernière partie de cette étude aux différents types de lampes à incandescence brevetés à la suite de la lampe Edison. En première ligne

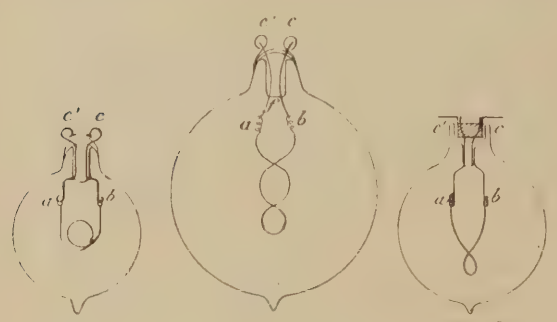


FIG. 13 FIG. 14 FIG. 15

viennent se placer les lampes Swan. Lane Fox et Maxim qui firent leur apparition à l'Exposition d'électricité de Paris ; les filaments de ces lampes sont, dans le même ordre, obtenus par la carbonisation de tresses de coton, de brins de chiendent ou enfin de papier bristol découpé en forme de M. Plus tard, la maison Müller, à Hambourg, les Siemens, à Charlottenburg et la maison Siemens et Halske, de Berlin, prirent également des brevets pour modifications apportées à la lampe à incandescence. Enfin, dans ce dernier temps, Alexandre Bernstein, de Berlin (à Boston), signale un nouveau procédé de carbonisation.

Les lampes les plus répandues en Allemagne sont les lampes Swan et Müller. La figure 13 représente une lampe Swan de 40 à 50 volts et la figure 14 une lampe Müller de 105 volts et de 50 bougies; la figure 15 est une lampe Müller de 8 bougies pour 50 volts. Les filaments affectent la forme d'une spirale et viennent s'attacher aux fils de platine soit de la façon ordinaire avec dépôt galvanoplastique en *a* et *b* (fig. 15), soit sans dépôt, ce qu'on obtient en donnant aux extrémités du fil de platine une forme de tire-bouchon. Les contacts avec la ligne se font en *c* et *c'*. Voici les divers types que construit la maison Müller, à Hambourg.

LAMPE MULLER

BOUGIES NORMALES	VOLTS	AMPÈRES
8 — 10	50 — 55	0,30
10 — 12	»	—
12 — 15	»	—
15 — 18	100	0,60
20 — 25	»	—
25 — 30	»	0,85 — 0,90
50	»	1,25
100	»	2,00

Les figures 16 et 17 représentent deux types de lampes fabriqués par les frères Siemens à Charlot-

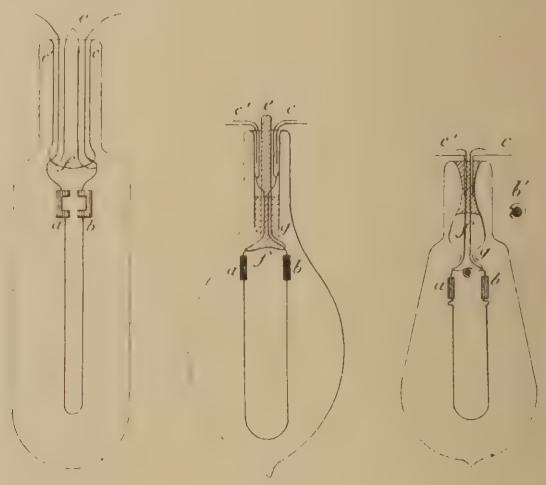


FIG. 16 FIG. 17 FIG. 18

tenburg près Berlin. Les fils de platine de 0,67^{mm}, sont soudés aux extrémités des tubes de verre *c* et *c'* et entourés de plâtre ; on extrait l'air par le tube *f* et on ferme la lampe en *e* (fig. 16). Deux pinces métalliques *a* et *b*, dont *b'* donne la coupe, établissent la liaison entre les fils de platine et les filaments de charbon obtenus par la carbonisation de tresses de coton : ce procédé permet de remplacer sans peine le filament de charbon ce qui se fait difficilement dans les autres lampes. Cette lampe peut donner jusqu'à 100 bougies normales.

Le type de la figure 17 est d'une construction différente : c'est une lampe de 20 bougies. On soude à la partie inférieure du cylindre de verre massif *e*, *f* des fils de platine dont le nombre varie de 4 à 7 est dont le diamètre est de 0,10^{mm}. L'extrémité supérieure de ces fils s'attache à des fils de cuivre qui viennent se souder en *c* et *c'* à des con-

tacts en laiton et leur extrémité inférieure s'assemble avec un renflement *ab* ménagé sur le filament de charbon. Afin d'éviter autant que possible l'élévation de la température aux points de soudure *c* et *c'*, on remplit le tube *g* jusqu'à mi-hauteur environ de poussière de mica, puis on coule du plâtre par-dessus. Ces lampes sont construites pour une différence de potentiel de 100 à 105 volts.

La figure 18 donne le type d'une lampe Simens et Halske. L'assemblage des filaments de charbon et des fils de platine se fait également au moyen de pinces de cuivre *a*, *b* (*b'* en coupe), et le tube intérieur est rempli de poussière de mica de *g* en *f* et de plâtre de *f* en *c*.

LAMPE SIEMENS ET HALSKE

BOUGIES NORMALES	N° II 12	N° IV 16	N° VI 25
Volts	100	100	100
Ampères	0,41	0,55	0,80
Ohms (à chaud)	244	182	125
Volt-ampères	40,5	55	80
Bougies normales par cheval électrique	210	206	221

Les lampes de la Compagnie Brush offrent un caractère particulier (fig. 19) surtout au point de

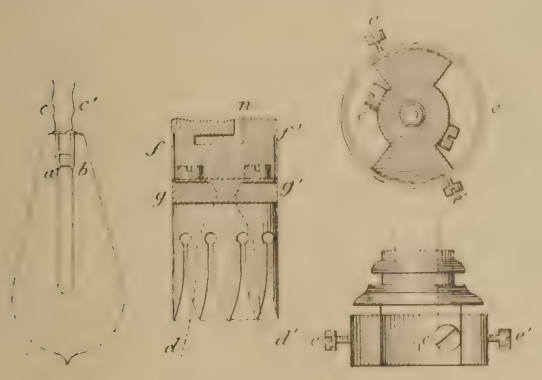


FIG 19 FIG. 20 FIG. 21 ET 22

vue de l'assemblage de la lampe avec son support. Le socle de la lampe se compose essentiellement (fig. 20) d'un cylindre en laiton pourvu d'une cloison *g*, *g'* que l'on construit à l'aide d'une matière isolante connue sous le nom de fibre et qui ressemble à de l'ébonite. La partie inférieure du cylindre est crénelée et l'on y enfonce à force le globe de la lampe après avoir préalablement fait passer à travers la cloison *g g'* les fils conducteurs *d* et *d'*. Ces fils communiquent par l'intermédiaire de deux vis avec les ressorts *f*, *f'*. Les figures 21 et 22 représentent une vue de côté et une vue par dessous du socle : la ligne vient aboutir aux bornes *c c'* et le contact s'établit entre ces bornes et les ressorts *f*, *f'* quand on imprime un mouvement de rotation à l'assemblage à baïonnette disposé dans la partie supérieure du cylindre en laiton.

Parmi les lampes fabriquées en Allemagne il faut citer encore comme ayant quelque originalité la lampe Greiner et Friedrichs (Sützerbach). Cette lampe repose sur son socle au moyen d'une pièce filetée dont le mouvement de montée et de descente sert à fermer et à rompre le circuit. Ces lampes sont de deux espèces :

1° Pour batteries de piles.

N° I_a de 8 bougies normales pour 10 éléments Bunsen.
I_b 10 — — de fortes batteries.

2° Pour machines dynamo-électriques.

N° II_a 1 ampère. 50 volts. 13-14 bougies normales.
II_b 0,9 — 100 — 22 —

A la suite d'un traité passé entre la maison Greiner et Friedrichs et la Compagnie Edison les lampes dont il vient d'être question ne se vendent pas en Allemagne, le principal dépôt se trouve actuellement à Vienne, chez W. H. Adler et Cᵉ.

Horloge électrique de G. Herotizky, à Hambourg (1).

L'horloge électrique que M. G. Herotizky vient de faire breveter est une horloge à pendule dont l'originalité consiste en ce que le cadran des secondes est fixé sur la tige du pendule et suit par conséquent les oscillations de ce dernier. A cet effet, le cadran porte sur sa face postérieure (figure 2) une roue à rochet *e* qui commande l'aiguille *g* et un levier coudé *a*, *b* muni d'un cliquet *f* à sa partie inférieure. Lorsque le pendule se déplace vers la gauche, le bras *a* vient buter contre l'arrêt *c*, et le cliquet *f* glisse sur les dents de la roue *e* que la pièce *d* empêche de tourner; dans le mouvement inverse du pendule, la roue *e* avance d'un angle correspondant à une division du cadran : l'aiguille se déplace par suite d'une division. L'aiguille entraîne dans son mouvement une tige *h* : ces deux pièces sont montées à angle droit, de telle sorte que lorsque l'aiguille est au zéro la tige *h* vient agir sur le ressort *i* et fermer entre *i* et *k* le circuit d'une batterie de piles.

Le courant traverse alors le fil d'un électro-aimant C (fig. 1), dont l'armature *l* est attirée. Cette armature commande, par l'intermédiaire des pièces *m* et *n*, un petit manchon monté sur la tige du pendule. Lorsque le courant est interrompu, l'armature reprend sa position de repos, et le manchon qui

(1) *Dinglers Polytechniches Journal*, 23 janvier 1884.

termine la tige *n* imprime, en retombant, une nouvelle impulsion au pendule. Il est très important que cette impulsion se produise en temps opportun, c'est-à-dire lorsque le pendule est à l'extrémité de sa course, et sur le point de commencer son mouvement de gauche à droite. A cet effet, dès que la tige *h* établit le contact entre *i* et *k*, l'étrier *o* vient occuper la position indiquée dans la figure 3 et assure un contact permanent jusqu'à ce que le taquet *p* (fig. 2) rompe le circuit en butant

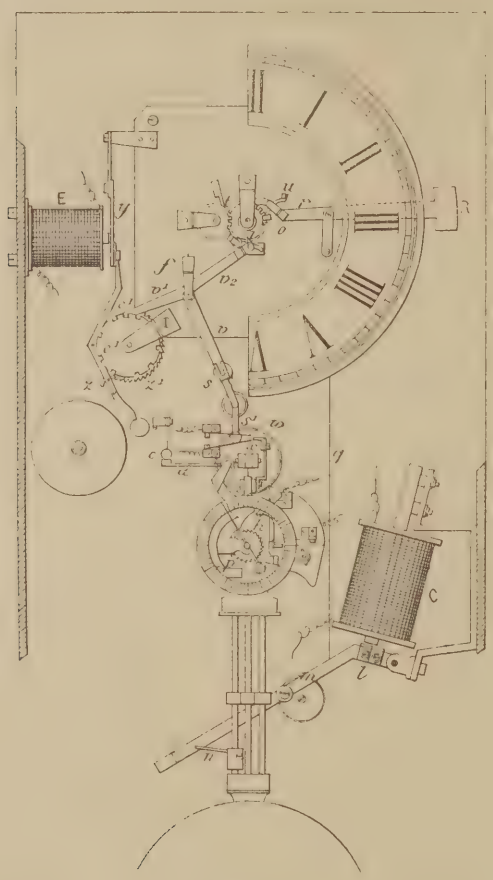


FIG. 1

contre l'une des extrémités de l'étrier *o* : ces pièces sont disposées de façon que le choc entre *p* et *o* ait lieu au moment où le pendule est au point mort de gauche.

On voit, d'après ce qui précède, que le circuit est fermé une fois toutes les soixante secondes. L'armature *l* agit directement sur la roue de commande de l'aiguille qui marque les minutes. Un fil *q* réunit la tige *m* et le bras *r* d'un levier à contrepoids R; toutes les fois que l'armature est attirée, le fil se détend et le cliquet *u* glisse d'une dent, sous l'action du poids R, sur la roue *t* : lorsque le courant est interrompu, le bras *r* s'abaisse, et la roue, ainsi que l'aiguille, se déplacent d'un angle correspondant à une division du cadran. Ce mouvement est transmis par le système ordinaire de roues dentées à l'aiguille des heures.

Il nous reste à dire un mot du mécanisme de la

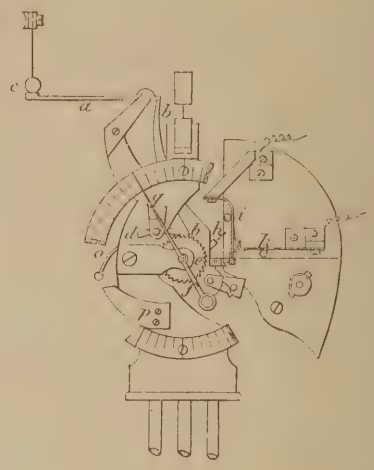


FIG. 2

sonnerie : ce mécanisme est également mis en jeu par l'électricité. La disposition employée consiste essentiellement en un levier à trois branches v, v_1 et v_2 mobile autour d'un axe *f*. Au moment où l'aiguille des minutes se trouve au zéro, le bouton o_1 exerce une pression sur le taquet i_1 qui termine le bras du levier v_2 et imprime à tout le système un léger déplacement dans le sens indiqué par la flèche; le bras v_3, dont l'extrémité c_1 est recourbée de façon à pénétrer dans les creux de la roue e_1, échappe, et, en même temps, le bras v, agissant par l'intermédiaire du levier coudé s, s_1, permet aux ressorts *x* de se rapprocher et de fermer le circuit toutes les fois qu'ils entrent en contact avec la borne *w*. Comme la borne *w* est solidaire des oscillations du pendule, le circuit se trouvera fermé une fois par seconde, tant que le système des leviers v_1, v_2, v_1 ne sera pas revenu au repos. Lorsque le circuit est fermé, le courant traverse l'électro-aimant E : il y a attraction de l'armature *y* et du

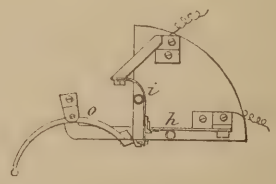


FIG. 3

marteau auquel cette armature est reliée : un coup de timbre se produit. La roue *e* est dentée sur une partie de son épaisseur, et toutes les fois que l'armature *y* s'éloigne de l'électro-aimant, le cliquet *z*

fait avancer la roue d'une dent. Le jeu de l'électro-aimant continue jusqu'à ce que le bras o_1 retombe dans un creux de la roue e, ce qui imprime un mouvement rétrograde à la branche v et rompt d'une façon permanente le circuit entre x et w. Le problème revient, comme on le voit, à partager la roue e en saillies proportionnelles aux nombres 1, 2, 3, etc., jusqu'à 12. Nous avons considéré le cas où la sonnerie se fait entendre aux heures seulement : il est évident que le problème est aussi simple lorsqu'on veut que la sonnerie fonctionne aux demies ou aux quarts; il suffit, en effet, d'augmenter le nombre des boutons o_1 sur la roue des minutes et de modifier la construction de la roue e_1.

Sur le phénomène de Hall, par M. Shelford Bidwell.

Nous recevons de M. Shelford Bidwell la communication suivante sur le phénomène de Hall, faite à la *Royal Society* le 21 courant.

M. Hall a publié une description détaillée de sa découverte dans les numéros de la *Philosophical Magazine* des mois de mars et novembre 1880, septembre 1881 et mai 1883. Sa première expérience était celle-ci : un morceau de feuille d'or était collé sur un plateau en verre et placé entre les pôles d'un électro-aimant, le plan du verre étant perpendiculaire aux lignes de force magnétique. Le courant d'un élément Bunsen fut envoyé à travers l'or dans toute sa longueur, et avant l'excitation de l'aimant on trouvait par des essais deux points équipotentiels près de deux bords opposés de la feuille d'or et presque au milieu entre les deux bouts; un galvanomètre relié à ces deux points ne donnait naturellement aucune déviation. En faisant passer un courant puissant à travers les bobines de l'aimant, on obtenait une déviation du galvanomètre indiquant une différence de potentiels entre les deux points, la direction du courant à travers la feuille étant opposée à celle dans laquelle la feuille d'or se serait déplacée à travers les lignes de force si elle avait pu le faire. En renversant la polarité de l'aimant la direction de la force électromotrice transversale fut renversée, et quand l'aimant était démagnétisé les deux points revenaient à leur condition équipotentielle primitive.

D'autres expériences ont prouvé que la direction de l'effet différait selon le métal employé. Ainsi pour l'argent, l'étain, le cuivre, le laiton, le platine, le nickel, l'aluminium et le magnésium, la direction de la force électromotrice transversale était la même que pour l'or ; pour le fer, le cobalt et le zinc la direction était renversée, et pour le plomb il n'y avait aucun effet sensible dans l'une ou l'autre direction.

On peut résumer les résultats de Hall en disant que la rotation des lignes équipotentielles à travers la feuille se fait dans une direction déterminée par rapport aux lignes de force. Il a attribué cet effet à l'action directe de l'aimant sur le courant, et on a donné au phénomène une très grande importance à cause de l'opinion exprimée par le professeur Rowland et d'autres qu'il est en relation avec la rotation magnétique du plan de polarisation de la lumière et donne ainsi une nouvelle preuve d'une relation intime entre la lumière et l'électricité.

Les nombreuses expériences de l'auteur lui ont pourtant donné la conviction qu'aucune action directe de ce genre n'a jamais été produite, et il a fini par trouver que le phénomène de Hall pourrait être entièrement expliqué par l'action complexe de certains effets thermo-électriques et d'un effort mécanique.

Cet effort est produit par une action électromagnétique. Il nous sera plus commode de désigner la plaque métallique (que nous pouvons supposer rectangulaire pour la facilité de l'explication) comme si c'était une carte géographique ordinaire, dont nous donnerons les noms de Ouest et Est aux deux côtés les plus courts et Nord et Sud aux deux autres. Supposons le pôle sud d'un électro-aimant en dessous de la feuille, et celle-ci traversée par un courant dans la direction de l'ouest à l'est. La feuille aura alors une tendance à se déplacer à travers les lignes de force dans la direction du sud au nord. Ne pouvant pourtant changer de position elle subira un effort dont la nature est à peu près pareille à celui qui a lieu dans une barre en bois horizontale attachée fermement à ses deux bouts et portant un poids au milieu. Imaginons la feuille divisée en deux parties égales par une ligne droite, reliant les points de milieu des côtés ouest et est. La partie du milieu de la division supérieure ou nord sera décomprimée et les parties est et ouest seront comprimées, tandis que dans la division inférieure le milieu sera comprimé et les deux bouts décomprimés. Un courant passant à travers la plaque de l'ouest à l'est, la partie du courant qui traverse la division du nord ira d'abord d'une zone comprimée à une autre décomprlmée, et ensuite d'une décomprimée à une comprimée, tandis que le contraire aura lieu dans la division sud.

C'est ici que les effets thermo-électriques mentionnés ci-dessus entrent en jeu. En 1856, sir William Thomson annonçait qu'un fil de cuivre tendu est thermo-électriquement positif par rapport à un fil non tendu du même métal, tandis qu'un fil de fer tendu est négatif par rapport à un fil de fer non tendu. On pourrait en conclure, comme le remarque sir William Thomson, qu'un fil de cuivre libre est positif par rapport à un fil de cuivre comprimé dans sa longueur, et qu'un fil de fer libre est négatif relativement à un autre fil de même métal comprimé dans le même sens, et les expériences ont, en effet, confirmé cette supposition.

A plus forte raison, alors, un fil de cuivre tendu est thermo-électriquement positif vis-à-vis d'un fil de cuivre comprimé et un fil de fer tendu négatif vis-à-vis d'un fil de fer comprimé. Si donc un courant passe d'une portion détendue d'un fil à une partie comprimée selon les lois de l'effet Peltier, la chaleur sera absorbée à la jonction si le métal est cuivre ou développée au même endroit, si le métal est fer. En passant de parties comprimées à d'autres tendues, l'effet inverse se produira.

La plaque métallique étant soumise à une traction allant du sud au nord et traversée par un courant de l'ouest à l'est, il résulte des considérations ci-dessus que, si cette plaque est en cuivre, la chaleur sera développée dans la moitié ouest de la division nord et absorbée dans la moitié est, tandis qu'elle sera absorbée dans la moitié ouest de la division sud et développée dans la moitié est. Mais la résistance d'un métal augmente avec sa température. La résistance des zones nord-ouest et sud-est de la plaque sera donc plus grande, et celle des parties nord-est et sud-est plus petite qu'avant d'être soumise à la traction, et une ligne équipotentielle à travers le centre de la plaque, qui d'abord aurait été parallèle aux côtés ouest et est, sera maintenant inclinée vers eux ayant l'apparence d'une rotation en sens inverse d'une aiguille de montre.

MÉTAUX	LA FORME EMPLOYÉE	Direction du courant	EFFET de Hall
Cuivre . . .	Fil et feuille, pur	T à N	Négatif
Fer.	Fil et tôle, recuit . . .	N à T	Positif
Laiton . . .	Fil, commercial	T à N	Négatif
Zinc	Fil et feuille	N à T	Positif
Nickel . . .	Fil.	T à N	Négatif
Platine. . .	Fil et feuille	T à N	Négatif
Or	Feuille, 99,9 pour cent de pureté.	T à N	Négatif
	Fil commercialement pur	N à T	
	De bijoutier 18 ct, fil et feuille.	T à N	
	De bijoutier 15 ct, feuille	T à N	
Argent. . .	Fil et feuille	T à N	Négatif
Aluminium.	Fil et feuille, pur	N à T	Négatif
Cobalt. . .	Barre. 8 m/m de diamètre	N à T	Positif
Magnésie .	Ruban.	T à N	Négatif
Etain. . . .	Tôle.	T à N	Négatif
Plomb . . .	Feuille.	sans courant	Nil

T veut dire tendu. N veut dire non tendu.

Les effets thermo-électriques particuliers du cuivre et du fer découverts par Thomson suffisent donc pour expliquer le phénomène de Hall dans les cas de ces métaux. Il était du plus haut intérêt de savoir si cette explication était d'une application générale, et l'auteur a répété les expériences de Thomson sur tous les métaux mentionnés par Hall. Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous ou les métaux qui, dans les expériences de Hall sont assimilés à l'or, sont disignés comme négatifs, et ceux assimilés au fer comme positifs :

Ainsi qu'on le verra dans tous les cas, excepté pour l'aluminium et un seul sur cinq spécimens d'or, il y a conformité parfaite entre la direction du courant thermo-électrique et le règne de l'effet de Hall. Quant à l'aluminium, un morceau de la feuille fut monté sur verre et soumis à l'expérience de Hall. Comme on s'y attendait, le signe du coefficient de rotation était positif comme celui du fer, du zinc et du cobalt. Or, M. Hall s'est donc trompé ou son aluminium a dû être différent de celui employé par l'auteur.

Le spécimen d'or anormal étant sous forme de fil, on a pas pu le soumettre au même procédé, mais il contenait sans doute quelque impureté troublante.

Il faut donc croire selon les expériences et les considérations ci-dessus que le phénomène décrit par M. Hall n'engage aucune nouvelle loi naturelle, il n'est qu'une conséquence de certains effets thermo-électriques qui ont été observés il y a près de trente ans.

Résumé des notes prises au cap Horn, sur l'électricité atmosphérique, par M. Lephay, lieutenant de vaisseau (1).

« Aujourd'hui que le classement de nos documents est suffisamment avancé, je puis présenter le résultat des notes que j'ai recueillies au cap Horn, sur les variations du potentiel électrique de l'atmosphère relativement aux divers phénomènes météorologiques. Bien que ces notes doivent être publiées avec les documents de la mission, j'ai pensé qu'il y aurait intérêt à en donner ici le résumé immédiat.

« L'instrument dont je me servais était l'électromètre Thomson, modifié par M. Mascart. Les moindres variations électriques s'observaient directement au moyen d'une puissante lunette, sur le réticule de laquelle venaient passer les divisions d'une échelle vue par réflexion dans le miroir de l'aiguille en platine. L'électricité de l'atmosphère était recueillie par un mince filet d'eau s'écoulant à l'extrémité d'un long tube en laiton, à 3m au-dessus du sol et dans un endroit bien dégagé, à 24m d'altitude au-dessus du niveau de la mer.

« Dans le même bâtiment, à côté de l'appareil à

(1) Note présentée à l'Académie des sciences dans la séance du 25 février 1884.

lecture directe, se trouvait un second électromètre à enregistrement photographique, destiné plus particulièrement à fournir la tension moyenne de chaque mois ou de chaque saison.

« La source électrique était commune aux deux instruments, dont les indications sont ainsi absolument comparables entre elles. La valeur, en éléments Volta, des divisions de l'échelle, ou bien celle des ordonnées de la courbe de l'enregistreur, étaient déterminées chaque quinzaine au moyen d'une petite pile de charge.

« Assez heureux pour posséder, à ses débuts, un appareil aussi sensible que l'électromètre définitivement modifié par M. Mascart, j'ai été naturellement conduit à en étudier les indications, chaque fois que mes autres observations me l'ont permis. Alors, seul ou assisté d'un matelot timonier, je pouvais suivre dans ma lunette les variations électriques de l'atmosphère, en même temps que moi-même ou mon aide notions les divers phénomènes extérieurs, tels que la pluie, la neige, le passage des nuages...

« C'est de cette manière qu'ont été obtenues mes notes, qui ne forment réellement qu'une longue série de faits purement d'expérience et dont le physicien et le météorologiste pourront peut-être faire leur profit.

« Elles m'ont permis d'établir, pour la baie Orange, les conclusions qui suivent :

« 1° La tension normale de l'électricité atmosphérique est positive et comprise entre $+50^{\text{volts}}$ et $+70^{\text{volts}}$ environ. Elle atteint sa valeur la plus considérable par ciel découvert et par temps de gelée ; une fois cependant, le 17 avril, malgré une assez forte gelée et un ciel bien dégagé, la tension resta négative toute la nuit, avec une valeur égale à cinq ou six fois celle de la tension positive normale. Au lever du soleil, la tension passa au positif.

« 2° Les maxima et les minima diurnes de la tension, déjà reconnus pour d'autres contrées, ne sont apparents, au cap Horn, que par de belles journées, pour lesquelles le ciel est bleu et bien dégagé,

« 3° Chaque fois que le ciel vient à se couvrir, après une belle journée, la tension normale varie en même temps, dans un sens ou dans l'autre. L'effet inverse se produit quand le ciel se dégage.

« 4° Les nuages influencent très diversement l'aiguille de l'électromètre, suivant la forme de l'eau qu'ils vont jeter sur le sol, et même suivant la situation du gros de leur masse nuageuse par rapport au zénith de l'observatoire.

« Pour les cumuli, j'ai constaté une influence positive ; des cirro-cumuli très élevés ont fait monter la tension positive jusqu'à $+400^{\text{volts}}$ à leur passage au-dessus de l'électromètre (9 février). Je n'ai pu remarquer aucune trace d'influence cirro-strati sur l'appareil.

« La brume ou la pluie très fine correspondent à une tension positive, souvent très forte (15 février, 19 avril).

« 5° Avec la grêle, j'ai toujours observé des tensions négatives extrêmement fortes, et presque chaque fois j'ai vu jaillir des étincelles à la partie supérieure de l'instrument.

« 6° La neige donne de la tension positive ; la valeur de la tension paraît devoir être d'autant plus forte que les flocons neigeux sont eux-mêmes plus considérables et plus pressés.

« 7° La pluie, sauf trois ou quatre exceptions, a toujours été négative. En général, ces exceptions se sont présentées quand la pluie était très froide et qu'elle suivait ou précédait de la neige (9 mai), ou bien encore lorsque le gros du grain passait dans le sud de l'observatoire (17 mars).

« 8° La chute de la poussière de neige et de petits cristaux de glace (8 mai) a coïncidé avec une tension positive considérable et des étincelles à l'instrument.

« 9° J'ai noté deux dégels avec tension positive contre un dégel négatif ; dans la dernière observation, la pluie tombait en grosses gouttes, tandis que, dans les deux premières, l'air était embrumé et la pluie extrêmement fine.

« 10° Avant les coups de vent, en général, douze ou quinze heures avant les premières rafales, il m'a semblé reconnaître que la tension positive normale augmentait souvent d'un tiers (13, 15, 16 et 23 novembre, 18 décembre, 27 janvier, 17 février).

« Les deux fois où j'ai noté des coups de tonnerre lointains (17 novembre et 17 février), la tension positive avait prévenu le phénomène six ou sept heures à l'avance par son augmentation constante.

« 11° Il est absolument impossible de dire, pendant les coups de vent, si telle ou telle tension domine, ou si, d'une manière générale, les manifestations électriques sont plus intenses qu'à d'autres instants. Les grains qui passent à tout moment masquent totalement l'influence générale de l'atmosphère par leurs effet particuliers [1].

« 12° Les vents de nord-nord-ouest ou nord-est, secs et chauds, qui donnent lieu à une évaporation très active, diminuent la tension positive normale ou augmentent la tension négative. Au contraire, les vents froids de ouest-sud-ouest au sud-sud-ouest paraissent augmenter la tension positive.

« Enfin, les manifestations électriques les plus

[1] En employant ici ces mots *causes* ou *effets*, je ne voudrais pas que l'on m'attribuât, pour l'instant, une idée théorique quelconque sur la loi qui régit les rapports d'une masse nuageuse et des manifestations électriques de l'instrument.

intenses se sont présentées toujours avec des vents humides de la partie de l'horizon comprise entre l'ouest-nord-ouest et l'ouest-sud-ouest. »

FAITS DIVERS

A l'Exposition des machines et instruments agricoles au Palais de l'Industrie figurait la semaine dernière un nouveau système de chemin de fer de M. Lartigue, à un seul rail, mû par l'électricité. Le matériel roulant était formé d'un châssis en fonte muni au milieu d'une ou de deux roues à gorge et portant un panier double, dont la forme varie suivant les matières à transporter. L'un des paniers portait un moteur dynamo-électrique auquel le courant était amené par un fil spécial, le rail servant de fil de retour. L'installation comprenait une dynamo Siemens de 3 à 4 chevaux. Une transmission à corde communiquait à la roue de chaque voiture le mouvement du moteur tout en réduisant la vitesse.

La prolongation du chemin de fer électrique de Volk à Brighton avance rapidement, et l'ouverture doit avoir lieu avant la Pentecôte.

Éclairage électrique

La Compagnie des ateliers de Saint-Etienne a inauguré, le 26 février dernier, l'éclairage de ses ateliers par la lumière électrique.

Le système qui a été choisi par elle est la lampe-soleil. Cette lampe qui a été adoptée déjà par plusieurs manufactures de l'Etat, et qui éclaire plusieurs fabriques de l'est et du nord de la France, présente, comme on sait, des qualités particulières.

Sa lumière est chaude de ton et d'une couleur dorée, sa fixité est absolue et elle peut brûler des nuits entières sans que l'on ait à toucher à l'appareil.

La Compagnie des ateliers de Saint-Etienne a fait procéder à l'installation d'une canalisation complète dans tous ses ateliers et, par le moyen d'un jeu d'orgue placé dans la salle des machines, on peut allumer à volonté les lampes dans n'importe quelle partie de l'établissement, suivant les besoins de la fabrication.

La Compagnie de la Lampe-Soleil s'occupe de l'éclairage urbain et particulier. Après des essais concluants, faits devant la municipalité d'Angers, elle est en instances pour obtenir les autorisations nécessaires afin de canaliser dans cette ville et de distribuer la lumière aux habitants.

Lundi dernier, on a inauguré l'éclairage électrique à la Banque d'Angleterre à Londres, où 150 lampes à incandescence Swan à haute tension sont alimentées par 54 éléments Faure-Sellon-Volckmar chargés par une dynamo. La force électromotrice du moteur est de 120 volts. Les caves où sont déposés les coffres contenant les valeurs des clients sont éclairées avec 32 lampes de 30 bougies, et dès le premier jour, on a pu remarquer la pureté comparative de l'air.

La municipalité de la ville de Nottingham s'est décidée à entrer en pourparlers avec une entreprise de lumière électrique pour l'éclairage de plusieurs parties de la ville par des foyers électriques.

La Maxim Weston C° a installé la lumière électrique dans les forges de Congreaves, près de Birmingham. Il y a 11 lampes à arc Weston de 1 400 bougies chaque, dont le courant est fourni par une dynamo Weston, actionnée à raison de 1 050 tours par minute par un moteur Tangye vertical de 10 chevaux de force.

Le transport militaire anglais, le *Crocodile* est éclairé à la lumière électrique avec des lampes à incandescence Edison, dont il y a 98 à seize bougies, 288 de dix bougies, et deux de 50. Les dynamos sont du type Edison-Hopkinson actionnées par deux machines Brotherhood du nouveau modèle dont nous avons parlé dernièrement.

Le paquebot *Massilia*, appartenant à la Peninsular and Oriental Company, va être éclairé entièrement par des lampes à incandescence Edison et Swan.

Selon son contrat avec la ville de Berlin, la Société allemande Edison a le droit de se servir des rues pour y placer leurs conducteurs à la condition d'en fournir l'éclairage à un prix réduit et de payer certains pour cent à la ville. La Société reçoit pour chaque foyer à incandescence de 16 bougies une somme de 120 marks par an ou par 4 400 heures d'éclairage, pour chaque foyer à arc de 800 bougies, 50 centimes par heure et la ville garantit un minimum de 2 000 heures d'éclairage par an, tout en se réservant le droit de choisir le système à adopter pour chaque rue. L'éclairage des monuments publics sera fourni avec une réduction de 10 o/o sur le prix payé par les particuliers. La Société payera à la ville 10 o/o de ses revenus et quand le capital engagé aura rapporté plus de 6 o/o, cette redevance sera augmentée de 25 o/o. La Compagnie ne jouira d'aucun monopole la ville se réservant de donner les mêmes droits aux mêmes conditions à une autre entreprise du même genre. Malgré ces charges assez onéreuses, on croit généralement que la Société aura un grand succès.

Le conseil municipal de la ville de Augsburg est saisi d'une demande de concession pour l'éclairage à l'électricité de la ville. La proposition a, paraît-il, beaucoup de chances d'être adoptée par les autorités, qui mettraient à la disposition des entrepreneurs une force hydraulique à un prix peu élevé.

La partie électrique de l'Exposition de Steyr va fournir l'éclairage pour toutes les salles, mais tandis qu'aux Expositions d'électricité de Vienne et de Paris on s'est servi de moteurs à vapeur, ce sont surtout les forces hydrauliques qui seront employées dans ce but à Steyr. On veut montrer la possibilité d'appliquer les forces naturelles à l'éclairage par l'électricité d'une ville, et ensuite comment l'électricité peut être utilisée avec avantage par l'industrie pour la transmission de la force d'une grande distance.

On annonce que l'administration de l'opéra de Vienne va ouvrir un concours pour l'éclairage électrique du théâtre. Le projet adopté servira probablement aussi pour l'installation de la lumière électrique au nouveau Burgtheater.

A l'occasion d'un bal donné la semaine dernière par le ministre des finances à Bruxelles, les salons du ministère étaient éclairés par des lampes à incandescence alimentées par des accumulateurs.

La fabrique de M. Watin, à Marcinelle, en Belgique, est éclairée par 30 lampes à incandescence.

La lumière électrique continue à faire des progrès en Italie, où la fabrique de coton à Colonofico Veneziano est éclairée par 300 lampes à incandescence, à Pise, la fabrique de M. G. Nistim contient 250 foyers à incandescence, et le vapeur *Sirio*, appartenant à la Société Raggeo de Gênes, a été muni de 200 lampes. Le *Tarra*, à la Compagnie maritime, a également une installation de 200 lampes Siemens.

L'éclairage électrique a fait des progrès considérables à Java où la Société de lumière électrique de La Haye vient de compléter plusieurs installations importantes.

Le palais du Sultan de Djokjakarta est éclairé par 196 lampes à incandescence Swan, et 4 lampes à arc pour lesquelles le courant est fourni par des dynamos Siemens. Le prince de Socrakarta va également faire installer la lumière électrique dans son palais et dans les jardins. Plusieurs fabriques ont adopté le nouvel éclairage, et l'avenir semble plein de promesses pour la Société.

Le département des phares, aux États-Unis, a décidé la construction d'un phare de 250 pieds de hauteur dans lequel on installera six foyers électriques de 4 000 bougies chaque. Le passage dangereux du Hell Gate sera ainsi rendu praticable la nuit comme le jour. Les frais s'élèveront à 100 000 francs environ.

La Thomson Houston C° vient d'envoyer 100 nouveaux foyers pour l'éclairage de Saint-Louis.

La C° Brush à Pittsburg a dernièrement installé 98 lampes Brush de 2 000 bougies dans un circuit de 19 milles en employant une dynamo Brush n° 8 avec la nouvelle armature. Le circuit était composé de fil n° 6.

La petite ville de Elgin, dans l'état d'Illinois, est éclairée à la lumière électrique par 23 foyers à arc placés en groupes en haut de sept tours très élevées.

L'église catholique à Shamokin, Pensylvanie, est éclairée à la lumière électrique pendant le service du soir.

La gare du chemin de fer de Pensylvanie à Chicago, une des plus grandes du monde, va être éclairée par 95 foyers électriques.

Le gouvernement colonial de Queensland (Australie), a chargé l'Australasian Electric Light C° d'installer neuf lampes à arc dans la gare de Brisbane.

La capitale des Mormons, Salt Lake City est éclairée avec 145 lampes à arc.

Le palais de glace construit à Montréal cet hiver a été éclairé pendant le carnaval à la lumière électrique.

Le *Palmer house*, à Chicago, a, paraît-il, un plus grand nombre de foyers électriques que tout autre hôtel des Etats-Unis.

Une société d'éclairage électrique a l'intention d'utiliser une chute d'eau, les *Lower Falls*, pour obtenir la force motrice des machines destinées à l'éclairage de la ville de Rochester, dans l'Etat de New-York. Sous la chute on placera un certain nombre de turbines qui seront mises en communication avec les dynamos par des courroies de transmission. La grande roue de transmission fera 360 tours par minute La force sera transmise à 18 dynamos placées dans un bâtiment spécial, de manière à obtenir 760 tours par minute avec une force de quarante chevaux par machine. La force totale sera donc de 720 chevaux pour 720 foyers, ou 40 foyers par machine. Les turbines travailleront sous une pression d'eau de 25 mètres environ.

La municipalité de Savannah, Georgia, a traité avec la Brush Electric Light C° pour l'éclairage de leur ville à l'électricité, moyennant une somme de 90 000 francs par an.

Télégraphie et Téléphonie

A Liverpool et à Manchester, comme à Londres, l'administration des Postes se préoccupe de l'augmentation de travail que donnera la réduction du tarif télégraphique. Huit tubes pneumatiques sont en construction entre la Bourse de Liverpool et le bureau principal des télégraphes, et une douzaine des bureaux locaux seront pourvus de nouvelles lignes. On placera 3 nouveaux fils entre Liverpool et Londres, 3 autres jusqu'à Manchester et un à Birmingham, Blackburn, Bristol, Glasgow, Hull, Leeds et Newcastle. A Manchester on construira également une douzaine de nouvelles lignes à des villes importantes et autant de circuits locaux.

Le nombre des câbles transatlantiques projetés va toujours en augmentant; on parle maintenant de la construction de deux nouveaux câbles entre la France, les Etats-Unis et l'Allemagne.

Le bureau international des télégraphes a fait dresser, d'après des sources officielles, un tableau de tous les câbles sous-marins de la terre, dont le nombre s'élève à 546, répartis entre 21 administrations d'états, et formant une longueur totale de 7,277 milles marins avec 9,536 milles marins de fil Vingt-trois sociétés possèdent, en outre, 185 câbles de 82,204 milles, avec 86,722 milles marins de fil.

Les câbles sont interrompus entre Saint-Vincent et la Barbade, et entre la Trinidad et Demerara.

Le nouveau câble de Bilbao en Angleterre de la Direct Spanish Telegraph C° va être placé dans le courant du mois d'avril par le vapeur *Scotia*, qui est spécialement disposé pour ce service. Le câble sera fabriqué selon les derniers procédés perfectionnés.

Le *Times* dit que les électriciens représentant MM. Siemens frères, de Londres, ont décidé de faire atterrir le nouveau câble Bennett-Mackay à Waterville, en Irlande. L'endroit choisi est à une distance de moins de six milles du câble de la Direct United States C°, et à dix milles de la station de la Anglo-American Câble C°.

La grande Compagnie des Télégraphes du Nord vient d'ouvrir une nouvelle station à Wuhu (Chine).

Le câble de Saint-Vincent à Barbadoes est réparé; celui de Lima à Mollendo est interrompu.

Un concours de télégraphie a eu lieu la semaine dernière à Londres dans les bureaux du journal le *Télégraphiste*,

qui avait invité tous les manipulateurs de l'Angleterre à y prendre part.

Quarante-trois personnes, dont trois dames, se sont fait inscrire, et le premier prix a été décerné à un télégraphiste du bureau de la Bourse de Londres, qui a transmis 35 mots par minute avec la plus grande correction. Deux employés du bureau central des télégraphes ont obtenu le second et le troisième prix. Le succès du concours a décidé les organisateurs à le renouveler désormais tous les ans.

La station météorologique du *Sentis* est en communication avec la ville de Zurich par un fil télégraphique et avec un village a 14 kilomètres de distance par une ligne téléphonique. Pendant l'hiver de 1882-1883, ces fils, se recouvrant de givre, prenaient parfois une épaisseur s'élevant jusqu'à 30 centimètres. Sous ce poids, et par un vent un peu fort, ils se brisaient, et des interruptions fréquentes en résultèrent. On enlevait alors les fils des poteaux pour les poser simplement dans la neige. Celle-ci étant un mauvais conducteur de l'électricité, le procédé a parfaitement réussi.

Le système Van Rysselberghe va être appliqué au réseau télégraphique qui relie entre eux les forts autour d'Anvers. Le même système a donné de si bons résultats sur la ligne télégraphique de l'Etat entre Amsterdam et Haarlem pendant plusieurs mois d'essai que le gouvernement hollandais pense sérieusement à l'adopter pour toutes les lignes télégraphiques du pays.

A la suite de la grève récente des télégraphistes américains et en présence des dommages considérables que pouvait causer au public l'interruption des services télégraphiques, la presse des Etats-Unis s'est longuement occupée des moyens pratiques de remédier à l'état de choses existant. Il a été question de substituer au régime des grandes compagnies le monopole du télégraphe entre les mains de l'Etat.

Le Congrès est actuellement saisi de la question. Plusieurs projets de loi ont été déposés avec le but commun d'offrir des garanties contre les inconvénients du monopole privé. Le bill qui paraît surtout devoir attirer l'attention du Congrès est celui du sénateur Edmunds qui demande au gouvernement de faire construire à ses propres frais un réseau télégraphique, tout en spécifiant que l'exploitation des lignes télégraphiques ne devra ni directement, ni indirectement être interdite aux particuliers ou à des Compagnies par la loi à intervenir. Ce projet, auquel s'est rallié le directeur général des postes a, paraît-il, de fortes chances d'être adopté par le Congrès.

Le rapport du département du génie à Washington donne les détails suivants sur le réseau aérien de cette ville. Le nombre des poteaux et fils télégraphiques a été plus que doublé pendant les trois dernières années. Il y a aujourd'hui 2 623 poteaux, 79 milles de lignes et 767 milles de fils, sans comprendre ceux qui sont placés sur les toitures des maisons et qui augmenteraient probablement ce nombre de 150 milles environ. Deux concessions ont été accordées pour le placement sous terre de fils télégraphiques, mais le travail fait dans cette direction est d'une date trop récente pour qu'on puisse en tirer des conclusions définitives.

Une commission, ayant à sa tête l'électricien de la ville de Chicago, est en train de visiter les grandes villes des États-Unis pour y examiner tous les systèmes souterrains de télégraphie, afin d'en choisir le meilleur à établir à Chicago.

La Crossley Telephone Company de Londres va installer un réseau téléphonique à Calcutta avec son système qui a obtenu un grand succès en Australie. Le transmetteur ordinaire a reçu quelques modifications nécessitées par le climat et les exigences locales.

Les 1 000 abonnés au réseau téléphonique de Rome ont demandé le 30 janvier 7 770 communications au bureau central, dont le plus grand nombre a été donné entre quatre et cinq heures et entre six et sept heures du soir. Ce sont les cafés et les hôtels qui se servent le plus souvent de leurs appareils; la Compagnie compte en moyenne 12 demandes par jour de chaque abonné de cette catégorie.

Un procès va décider du droit du département des Postes et Télégraphes en Angleterre, de défendre aux Compagnies de téléphones de placer leurs fils au-dessus des voies ferrées, un privilège que l'Administration en question se réserve exclusivement.

Les bureaux centraux de la United Telephone C°, à Londres, ont établi 249 202 communications entre les abonnés pendant la semaine dernière, ou une moyenne de 41 696 par jour, tandis que le nombre des dépêches télégraphiques n'atteint que 33 996 par jour.

La Southern New England Telephone Company va construire une ligne téléphonique de plus de 200 milles de long entre deux villes des États-Unis.

La United Telephone C° de Londres, a installé un bureau dans le palais de la Chambre des communes, où les députés peuvent communiquer, même après minuit, avec les abonnés du West-end, les cercles, hôtels, etc.

Les conditions des concessions téléphoniques accordées par le gouvernement italien à la Societa generale italiana et à la Société Internationale Bell pour différentes villes viennent d'être modifiées de sorte que les Compagnies doivent dorénavant payer au gouvernement une somme de 18 francs par an pour chaque particulier abonné au réseau, 7 francs pour chaque appareil placé chez les autorités de l'Etat ou des communes, et 120 francs par bureau ouvert au public. Le prix de l'abonnement est limité à 300 francs, et le prix des communications dans les bureaux publics à 50 centimes pour 5 minutes de conversation.

La C° Internationale Bell a actuellement 600 abonnés à Saint-Pétersbourg avec 1 500 verstes de fils aériens. La moyenne des communications échangées atteint 15 800 par semaine. Un bureau a été ouvert où le public est admis à correspondre avec tous les abonnés moyennant 25 kopecks par 5 minutes de communication.

La municipalité de Barcelone ayant l'intention d'établir un réseau microtéléphonique reliant ses différentes dépendances dans la ville, il sera procédé le 26 mars prochain à midi, à la Casa Consistorial, à l'adjudication publique du matériel nécessaire pour la construction de 16 lignes. Le maximum de l'adjudication est fixé à 12 602 pesetas.

Le Gérant : A. NOAILLON.

Paris. — Imprimerie P. Mouillot, 13, quai Voltaire. — 45890

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

51, rue Vivienne, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : AUG. GUEROUT | ADMINISTRATEUR : HENRY SARONI

6e ANNÉE (TOME XI) SAMEDI 15 MARS 1884 N° 11

SOMMAIRE

Sur les instruments destinés aux mesures électriques industrielles; Marcel Deprez. — L'éclairage électrique : De son emploi en général; P. Clemenceau. — Les machines à vapeur rapides (3e article). Les machines à double effet : Machines horizontales; G. Richard. — L'électricité en médecine (4e article). Thérapeutique : Électrisation permanente; Dr A. Tripier. — Revue de l'Exposition de Vienne : Lampes électriques, piles et accumulateurs; Aug. Guerout. — Revue des travaux récents en électricité : Sur la conductibilité électrique des dissolutions salines très étendues, par M. E. Bouty. — Sur la loi de Joule, par M. Garbe. — Sur la distribution du potentiel dans une masse liquide ayant la forme d'un prisme rectangulaire indéfini, par MM. Appell et Chervet. — Sur les coups de foudre observés en France pendant le premier semestre de l'année 1883. — Les expériences électro-acoustiques du Dr V. Dvorak. — Bibliographie : Traité d'électricité, par Gustave Wiedemann. — Les récents progrès des applications de l'électricité, par M. Ferrini. — Les principes physiques du transport électrique de la force, par M. Joseph Popper. — Le potentiel électrique, par M. Serpieri. — L'électricité atmosphérique, par M. Palmieri. — La lumière appliquée aux sciences naturelles, par M. Th. Stein. — L'électricité et ses applications, Annuaire du *Giorno*. — Annuaire de l'électricité, par M. Réverend. — Annuaire et avertisseur électrique universel de Berly. — Faits divers.

SUR LES INSTRUMENTS DESTINÉS AUX MESURES ÉLECTRIQUES INDUSTRIELLES

L'emploi des machines dynamo-électriques devenant de plus en plus fréquent, le besoin d'instruments destinés à faire connaître exactement les effets qu'elles produisent suit une marche parallèle ; aussi le nombre des brevets relatifs aux appareils destinés aux mesures électriques suit-il une progression rapide.

Les deux éléments fondamentaux qui caractérisent la marche d'une machine dynamo-électrique sont la force électromotrice qu'elle produit et l'intensité du courant engendré.

Il est impossible de mesurer directement la force électromotrice; on la déduit d'un calcul très simple d'ailleurs qui exige la connaissance de l'intensité du courant et de la différence des potentiels des deux bornes de la machine ou tout au moins de deux points du circuit, tels que en allant de l'un à l'autre en traversant la machine on ne rencontre aucune région qui soit elle-même le siège d'une force électromotrice. Il exige aussi la connaissance de la résistance de la portion du circuit ainsi déterminée.

En désignant par :

ε la différence de potentiel des deux points considérés,

ρ la résistance de la portion du circuit comprise entre eux et telle qu'elle vient d'être définie,

I l'intensité du courant,

E la force électromotrice de la machine,

on a pour valeur de cette force électromotrice :

$$E = \varepsilon \pm \rho I$$

On doit prendre le signe + dans le cas où la machine est génératrice, et le signe — si elle est réceptrice.

La mesure de la force électromotrice exige donc la connaissance de trois quantités qui sont :

La différence de potentiel ε,

La résistance ρ,

L'intensité I.

La différence de potentiel peut être mesurée à l'aide de deux genres d'appareils tout à fait différents :

Les électromètres, fondés sur les effets méca-

niques exercés par deux surfaces chargées d'électricité et qui agissent à distance l'une sur l'autre;

Les rhéomètres, qui permettent d'estimer l'intensité d'un courant de dérivation traversant un circuit de résistance extrêmement grande dont les deux extrémités viennent aboutir aux deux points donnés.

J'ai déjà fait connaître dans ce recueil les raisons qui militent en faveur de l'emploi de l'électromètre lorsqu'il faut mesurer des différences de potentiels très considérables; cependant, l'emploi de la seconde méthode est si commode qu'il peut être préféré, si l'on ne recule pas devant la question du prix de revient élevé qui résulte de l'emploi de fils de résistance d'une longueur très considérable.

L'emploi de cette seconde méthode ramène donc encore une fois la question proposée à la mesure d'un courant.

Quant à la résistance ρ, c'est de tous les éléments celui qui est le plus facile à déterminer, sous la réserve que l'on tienne compte de l'échauffement de la machine lorsqu'elle fonctionne depuis un certain temps.

On pourrait cependant éviter cette correction en mesurant la résistance de la machine aussitôt après une marche prolongée, de manière que la température des différentes parties qui la composent soit devenue stationnaire.

C'est ici le lieu de placer une remarque relative au prétendu accroissement de résistance que quelques expérimentateurs ont cru découvrir dans les machines en marche à une époque où les connaissances théoriques relatives à l'électricité étaient encore peu répandues.

Cette interprétation erronée d'un phénomène dû aux forces électromotrices inverses résultant de la self-induction des sections de l'induit n'est plus admise aujourd'hui par aucun électricien.

J'ai indiqué à plusieurs reprises que, pour un anneau donné, l'importance de ce phénomène diminuait au fur et à mesure que le nombre des sections augmentait, et j'ai été heureux de voir que M. Clausius partageait complètement mon opinion à cet égard (voir *La Lumière Electrique* des 2 et 9 février 1884).

Quant à l'intensité I du courant, on peut la mesurer soit avec un rhéomètre à très gros fil traversé par la totalité du courant, soit par un galvanomètre à fil fin, très sensible et shunté en conséquence.

Cette seconde manière doit être préférée parce qu'il est difficile et incommode de produire directement les courants très intenses qui seraient nécessaires à la graduation des instruments du premier genre et que la mesure directe des courants puissants présente des difficultés particulières comme nous allons le voir.

Les seuls éléments électriques que l'on puisse reproduire facilement dans n'importe quelle circonstance sont l'unité de résistance et l'unité d'intensité.

L'unité de résistance est obtenue en effet en comparant la résistance d'un fil métallique à celle d'un conducteur étalon qui peut être établi de manière à pouvoir être considéré en toute sûreté comme immuable et les méthodes de comparaison de ce genre ont atteint aujourd'hui un degré de perfection qui ne laisse rien à désirer.

L'unité d'intensité peut aussi être reproduite aussi souvent qu'on le juge convenable, grâce aux propriétés chimiques du courant.

En effet, si un courant égal à l'unité traverse, soit un voltamètre à eau acidulée soit un voltamètre à sel d'argent ou de cuivre, l'action chimique produite au bout d'un temps déterminé pourra être mesurée avec une grande précision, à la condition que l'on prenne les précautions signalées par les nombreux physiciens qui se sont occupés de ce sujet.

Ces précautions ont pour but d'éviter certaines perturbations qui se produisent lorsque les courants employés ont une trop grande intensité par rapport à la surface des électrodes, ou, ce qui est plus court, une trop grande densité. On est donc naturellement conduit à employer des courants modérés lorsqu'on a recours à la méthode électrochimique à moins de se résigner à employer des électrodes à très grandes surfaces et par suite des appareils encombrants et coûteux. L'étalon électrochimique ayant été obtenu, il est facile de le transformer en un autre auquel nous donnerons le nom d'étalon électrodynamique, et qui permet de ramener en toutes circonstances la mesure de l'unité d'intensité à celle d'un poids sans qu'il soit nécessaire de procéder à aucune opération chimique.

Ce dernier étalon présente des garanties de durée et d'immuabilité tout aussi grandes que l'étalon de résistance.

(A suivre.) MARCEL DEPREZ.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

DE SON EMPLOI EN GÉNÉRAL

Dans un des derniers numéros de l'*Electrotechnische Zeitschrift*, et à la suite d'une communication intéressante sur le contrat passé par la maison Sie-

mens avec la ville de Berlin, pour l'éclairage électrique des rues, M. Von Hefner-Alteneck s'est trouvé naturellement conduit à présenter, sur la situation actuelle de l'éclairage électrique en Europe, quelques considérations générales, dont la lecture n'a pas été sans nous étonner quelque peu.

Les opinions émises par l'auteur sont en effet assez singulières, sous la plume surtout d'un éminent électricien ; et en raison même de la considération qui s'ttache au nom de M. Von Hefner-Alteneck, il nous paraît intéressant de citer ici ces opinions et de les faire suivre de quelques commentaires.

Dans ces dernières années, dit l'ingénieur allemand, on a rendu à l'électricité de très mauvais services d'exagérer ses qualités outre mesure et de la présenter comme une sorte de panacée devant, à l'exclusion de tout autre système, apporter à l'industrie la lumière, la force, le chauffage, etc. Ces affirmations étant inexactes, ne sont d'abord pas honnêtes, et de plus, elles n'ont eu d'autre résultat que de jeter un très grand discrédit sur des applications sérieuses, néanmoins qui, venues trop tôt, furent d'une éphémère durée, à Paris, par exemple, où l'Exposition de 1881 mit en si haut relief les choses électriques; tous les foyers lumineux dont rayonnait la capitale de France, il y a trois ans, se sont éteints presqu'au même moment où le Palais de l'Industrie fermait ses portes, et en fait d'éclairage électrique public, aujourd'hui il ne reste plus rien.

Les installations particulières elles-mêmes sont en très petit nombre : à quoi donc servit l'Exposition ?

En 1882, Munich exposa à son tour. En dehors du Palais de Cristal, la lumière électrique éclaira les grandes artères de la capitale de la Bavière, on l'accueillit avec grande faveur, et l'on annonçait dejà que l'Isaar allait permettre, par l'utilisation de ses chutes multiples, de distribuer dans la ville entière la force et la lumière, quand on vit disparaître toutes les lampes en action.

L'eau de l'Isaar coule encore, sans obstacle; elle coule, elle coulera longtemps, et si quelque jour, les espérances de 1882 peuvent être réalisées, l'Exposition n'en sera pas la cause.

Plus récemment enfin, l'Exposition de Vienne vient, comme ses devancières, de produire les mêmes manifestations. Le temps ne permet pas encore de savoir si les résultats doivent être meilleurs, mais il y a néanmoins à craindre de voir réapparaître les mêmes effets.

En Amérique, au contraire, on expose peu, et l'éclairage des voies publiques, même dans les petites villes, a pris une extension considérable, laissant l'Europe bien en arrière. Pourtant, de l'autre côté de l'Atlantique, les engins ne valent pas les nôtres.

Le nombre des lampes à arc en action est très grand, il est vrai, mais elles sont toutes inférieures par leur rendement, leur irrégularité et leur peu de fixité, à celles dont disposent actuellement la France, l'Allemagne et l'Angleterre. Cette situation est au moins étrange; et les causes qui l'engendrent ne doivent pas être recherchées dans l'électricité même.

Les expositions sont d'une utilité incontestable pour tous les industriels, mais néanmoins la lutte ouverte entre le gaz et l'électricité durera longtemps encore, et, si l'un des adversaires doit succomber dans la bataille, sa mort sera très lente et les intéressés auront le temps de se couvrir.

Nous n'avons évidemment pas à contredire ce qu'avance M. Von Hefner-Alteneck. Ses affirmations sont exactes, quelques-unes sont même évidentes ; cependant nons sommes loin de voir comme lui les choses aussi sombres, et nous nous étonnons qu'un esprit aussi sûr et aussi froid d'ordinaire, soit surpris de la situation actuelle de l'éclairage électrique. Les causes sont pourtant, à notre avis, bien simples. D'abord, si à l'origine on a par trop exagéré les mérites de l'électricité, si les chiffres apportés n'ont pas été d'une rigoureuse exactitude, il ne nous semble pas qu'il en soit absolument de même aujourd'hui. Les besoins de lumière se font de plus en plus sentir. La bougie a détrôné la chandelle, et de même que les lampes à pétrole remplacent dans les intérieurs les vieilles lampes à huile, de même on est conduit aujourd'hui, dans les comparaisons de l'électricité avec le gaz, à prendre pour base le pouvoir éclairant. Dans ces conditions, la lumière électrique sera beaucoup plus économique.

Cette affirmation, hasardée il y a quelques années, peut être faite aujourd'hui sans crainte, et bien que ce fait commence aujourd'hui à être connu, les chiffres sont toujours intéressants à consulter.

Les lampes électriques à incandescence dans le vide sont encore considérées comme un éclairage de luxe coûtant cher; et si l'on admet que les lampes à arc peuvent être économiques, certaines personnes se refusent à accorder cette même qualité aux lampes à incandescence. C'est à tort. Celles-ci peuvent trouver pratiquement leur application dans certaines industries, et comme indications sérieuses qu'on peut admettre comme exactes, nous citerons quelques chiffres empruntés à un travail de M. Ph. Delahaye sur la question, et qui sont relatifs à l'installation de 400 lampes à incandescence dans les ateliers de la Buire.

Les dépenses de premier établissement, non comprises les chaudières déjà existantes, s'élève-

ront à 30 000 francs. Les lampes employées ont un pouvoir éclairant de 2 carcels, et en prenant pour celles-ci une durée moyenne de 500 heures (ce qui est un minimum, car elles peuvent atteindre couramment 800 heures), le prix de revient exact peut s'établir ainsi :

Chaque lampe coûte 7 fr. 50; c'est un prix encore élevé car on en peut avoir à 2 fr. 50 ; mais en adoptant ce chiffre, cela conduit à 0 fr. 015 par heure. D'un autre côté, le charbon nécessaire pour la force motrice est compté à 2 kilogrammes par cheval et par heure, soit 100 kilogrammes pour une machine de 50 chevaux, ce qui, à 25 francs la tonne, représente 2 fr. 50, et par lampe 0 fr. 00625. En admettant encore pour le graissage, la surveillance et le service courant de l'installation le même nombre, c'est-à-dire 0 00625 par lampe et par heure, et en y ajoutant l'amortissement du capital à 10 o/o et son intérêt à 5 o/o, on en conduit pour une moyenne de 500 heures d'éclairage annuel à 0 fr. 0225 par heure et par lampe. En résumé, donc on a :

Pour la lampe.	Fr.	0,015
Charbon		0,00625
Entretien.		0,00625
Intérêt et amortissement. . . .		0.0225
Total.	Fr.	0,050

Avec un foyer de 2 carcels, l'heure d'éclairage coûte donc au maximum 5 centimes ; il est facile de conclure. Pour cela, deux remarques suffisent : d'abord l'amortissement du capital entrant pour moitié dans cette évaluation, on voit que l'augmentation du nombre de lampes se traduit par une diminution sensible du prix de revient, et enfin il suffit de savoir qu'à Paris, pour le service de la ville, qui a le gaz à meilleur marché que les particuliers, le bec de 2 carcels coûte exactement la même somme, c'est-à-dire 5 centimes.

La démonstration est complète, il n'est pas besoin de commentaires. Nous pourrions citer bien d'autres exemples, où ce prix de revient de 5 centimes par lampe et par heure est loin d'être atteint; mais comme la lumière par l'incandescence est sans contredit celle dont les avantages se paient le plus cher, les chiffres de cette installation des ateliers de la Buire montrent qu'on est dans le vrai et qu'on n'est coupable d'aucune exagération mensongère en affirmant qu'aujourd'hui, l'éclairage électrique est plus économique que l'éclairage au gaz.

S'il en est ainsi, pourquoi donc le gaz tient-il toujours la place dominante, et comment expliquer la lenteur avec laquelle se propagent les installations électriques? La raison est encore bien simple, et tout le monde la connaît. Le gaz se donne à l'abonnement, on ne le paie qu'à mesure qu'on le consomme, et si les frais d'installation sont faibles pour le particulier qui le veut avoir, il n'en est plus de même pour l'électricité qui exige l'achat de tout un matériel de prix relativement élevé. Un industriel hésite alors souvent devant les dépenses de premier établissement, et tout convaincu qu'il puisse être de l'économie réalisable dans un cas, il préfère souvent dépenser davantage, par petites sommes mensuelles, que de débourser tout d'abord un capital assez rond. Tout l'obstacle est là, il n'y en a pas d'autre, et du jour où l'industrie électrique sera, financièrement parlant, dans une situation analogue à celle de l'industrie gazière, les becs de gaz s'éteindront d'eux-mêmes. Tout cela n'est pas un rêve : nous en arriverons forcément là. Le mouvement sera long, c'est incontestable, mais il est et il sera. En conclure cependant que le gaz disparaîtra à tout jamais, à notre avis, serait exagéré; certes il lui restera toujours une petite place, mais dorénavant, sans se compromettre, on peut affirmer qu'il perdra peu à peu tout le terrain si rapidement gagné. Ce point établi, les opinions pessimistes de M. Von Hefner-Alteneck ne s'expliquent guère.

En 1881, l'industrie de l'éclairage électrique était, on peut le dire, à son enfance, les engins étaient à peu près tous créés, c'est vrai, mais les perfectionnements actuels n'existaient pas, et l'on ne pouvait alors espérer de voir atteindre immédiatement une réalisation pratique. Les applications étaient nombreuses, c'est certain; mais dans les rues, sur les places publiques, les foyers établis n'appartenaient pas à des installations définitives, et tout le monde le savait. Il n'y avait là que des essais, semblables à ceux que renfermait le Palais de l'Industrie; en un mot, l'Exposition n'était pas limitée dans les Champs-Elysées; elle s'étalait dans la ville entière. Donc, quand l'Exposition ferma ses portes, tous les foyers s'éteignirent peu à peu au dehors comme au dedans, comme cela devait être. Toutes les expériences étaient terminées, les résultats étaient connus. Les défauts étaient signalés, la voie du progrès était tracée, la période du travail était ouverte et une sorte de recueillement était nécessaire. Aujourd'hui, les travaux ont porté leurs fruits, peu à peu les installations réapparaissent, mais cette fois durables et définitives. L'exposition n'y est-elle pour rien? Si tous les instruments de mesure ignorés en 1881 sont partout répandus aujourd'hui, si l'utilisation des machines, des lampes est meilleure, si les prix de revient se sont abaissés, pour s'abaisser encore, l'exposition n'y est-elle pour rien? Elle y est pour beaucoup au contraire, et toutes celles qui lui succédèrent y ont contribué et y contribuent aussi pour une large part. Une exposition est toujours une chose très utile, personne n'oserait en douter, et pourtant M. Von Hefner-Alteneck semble, quand il s'agit de lumière électrique, n'en

pas voir toute l'importance. Ses raisons pourtant ne sauraient être admises.

Pendant toute la période d'une exposition, une fiévreuse activité règne évidemment dans toutes les branches de l'industrie qu'elle concerne. Tout le monde travaille avec ardeur pour montrer au public soit un engin nouveau, soit un perfectionnement récent apporté à un appareil déjà connu ; les installations coûteuses se multiplient ainsi; mais comme en réalité elles ne constituent qu'une sorte de réclame, on ne regarde guère à la dépense parce qu'en revanche on les supprime dès que l'exposition est fermée. Suit alors une période de calme, une période de travail à huis clos, dont le résultat n'apparaîtra que plus tard. De tout temps il en fut ainsi, et il n'y a pas de raison pour qu'il n'en soit pas toujours de même. Ce qui s'est passé en 1881 à Paris, s'est renouvelé à Munich l'année suivante, et se manifeste actuellement à Vienne. Toutes les fêtes ont leur lendemain, c'est dans l'ordre naturel des choses. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner de voir disparaître ce qui fit un instant l'éclat d'une exposition, les installations trop rapides d'éclairage électrique ne font pas exception à la règle, et conclure de ce fait que les expositions successives de Paris, de Munich, de Vienne n'ont rendu aucun service à l'éclairage électrique serait aussi faux que dire qu'elles n'ont pas avancé la question du transport de la force, parce que le petit chemin de fer qui faisait le service de la place de la Concorde au Palais de l'Industrie n'existe plus aujourd'hui. Le bal fini, on a coutume d'éteindre les lustres.

P. Clemenceau.

LES

MACHINES A VAPEUR RAPIDES

3e article. (*Voir les nos des 1er et 8 mars* 1884.)

LES MACHINES A DOUBLE EFFET

Machines horizontales.

Les machines horizontales présentent, en général, l'avantage d'une stabilité plus grande, d'une fondation mieux assise, d'une surveillance et d'un entretien plus faciles.

Leur développement tout en longueur et en largeur peut être un avantage ou un inconvénient, c'est une affaire de cas particuliers.

Leurs cylindres présentent une tendance à s'ovaliser sous le poids du piston, mais on peut, en pratique, réduire cette tendance à bien peu.

En fait, on préfère, en général, pour les machines fixes, le type horizontal au type vertical; son installation est souvent plus commode, pour les grandes forces surtout, bien que les machines les plus puissantes de la marine soient du type vertical. L'équilibre des pièces animées de mouvements alternatifs exige, dans le type horizontal, des contrepoids moins lourds. Les mécanismes sont plus accessibles, le bâti peut être plus léger.

Le groupement du condenseur est plus compact, plus direct, dans la machine horizontale.

Ces raisons de préférence en faveur de la machine horizontale ne sont pas des raisons majeures; une question d'emplacement ou d'adaptation peut tout changer, tel est le cas des machines marines. On trouvera, dans quelques-uns des exemples donnés plus bas, des cas où la machine verticale est tout indiquée pour la conduite d'une dynamo. Il n'y a pas à s'en faire grande peine, les inconvénients du moteur vertical ne sont, en effet, que secondaires, pour les faibles puissances surtout. Un petit moteur vertical, dont on peut atteindre toutes les parties sans grimper à l'échelle est, en réalité, tout aussi bon qu'une machine horizontale, il ne faut pas hésiter à l'adopter, pourvu que la nature de l'emplacement y invite.

LA MACHINE PORTER-ALLEN

A tout seigneur tout honneur; il est juste de commencer la description des machines horizontales à grande vitesse et à double effet, susceptibles d'actionner directement des dynamos par une monographie aussi complète que possible du moteur de Porter Allen.

M. Allen peut être, en effet, considéré comme le promoteur de ce genre de machines, qu'il n'a cessé de perfectionner, avec le concours de M. Porter, depuis près de vingt ans.

La machine que nous allons décrire est donc le résultat de longues études, poursuivies dans un but commercial sans doute, mais avec la détermination de ne jamais sacrifier à la question du bon marché la parfaite exécution et le rendement des mécanismes.

L'ensemble de la machine de Porter-Allen, se distingue, tout d'abord, par la correction et la sévérité de ses lignes et par la simplicité de ses mouvements; son aspect présente un heureux contraste avec celui d'un grand nombre de machines américaines surchargées d'ornements du plus mauvais goût et encombrées de mécanismes qui semblent ne demander qu'à se désarticuler à la première occasion.

---

(1) Consulter sur la machine de Porter-Allen l'ouvrage de M. Porter « *On the Porter-Allen Steam Engine* », Philadelphie, 1880. *Engineering*, 1868, 1 vol, et 7 février 1879. *American Machinist*, 5 mars 1881 et 19 mai 1883.

Le bâti présente la forme légère et très rigide d'une boîte creuse, portant à l'avant un palier solidement établi, et à l'arrière le support du cylindre. Cette sorte de boîte, fermée à la partie supérieure et très élargie à la base, présente une grande résistance suivant les axes de l'arbre de couche et du cylindre. L'axe des paliers se trouve à une très faible hauteur au-dessus du plan neutre du bâti.

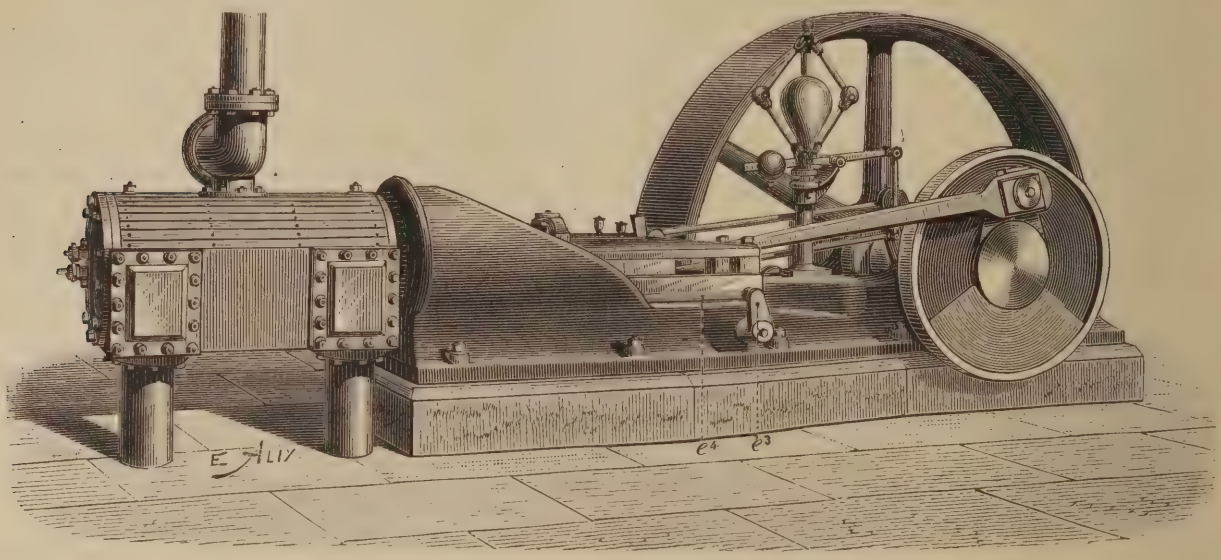


FIG. 2. — MACHINE PORTER-ALLEN. — CÔTÉ DE LA BIELLE

La fixation du cylindre en porte-à-faux par des boulons à l'arrière du bâti assure une liaison parfaite, en même temps qu'elle permet au cylindre de se dilater librement. Ce mode d'attache a été très fréquemment imité depuis l'apparition des machines Porter-Allen en 1863.

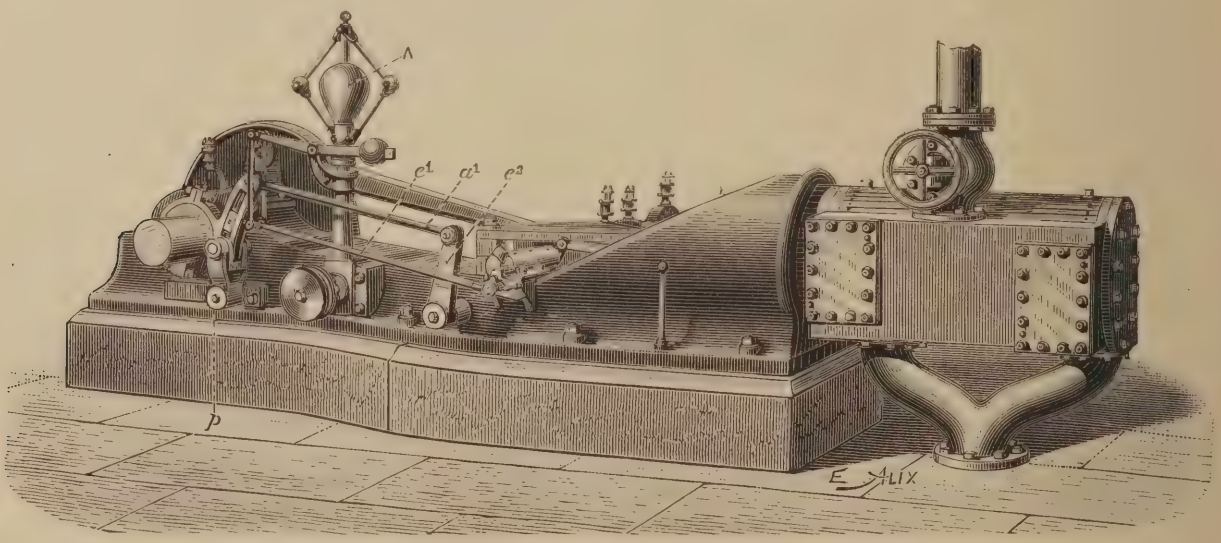


FIG. 3. — MACHINE PORTER-ALLEN. — CÔTÉ DU VOLANT

Distribution.

La distribution de cette machine est très remarquable par sa simplicité, son efficacité aux plus grandes vitesses, et le peu de travail qu'elle absorbe pour son fonctionnement.

La vapeur est distribuée par quatre tiroirs, deux pour l'admission a et a' et deux pour l'échappement $e e'$ (fig. 4 et 5); ces quatre tiroirs sont com-

mandés par un seul excentrique à coulisse suspendu, en t (fig. 6 et 7), à des tourillons oscillant au tour du pivot p, fixé au bâti de la machine.

Cette coulisse commande par le coulisseau c la bielle a_1 et le mouvement $a_2 a_3$, les tiroirs d'admission e_1, et, par le point invariable h, la bielle c_1

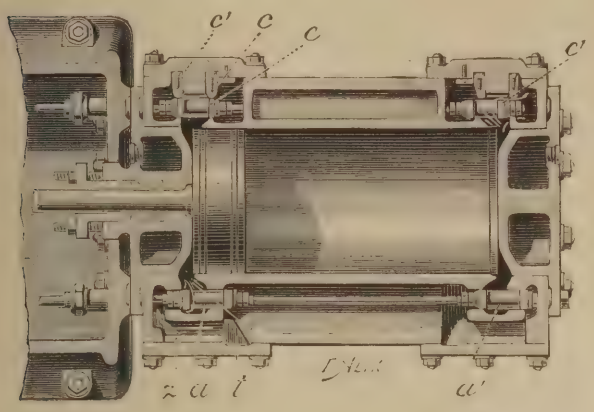


FIG. 4. — PLAN-COUPE PAR L'AXE DU CYLINDRE

(fig. 8 et 9) des tiroirs d'échappement qui les attaque, de l'autre côté du bâti, par le renvoi $c_2 c_3 c_4$ (fig. 2 et 3).

La bielle a_1 attaque les bielles $a_2 a_3$ des tiroirs d'admission par un croisillon à trois manivelles $m_1 m_2 m_3$ (fig. 8 et 9). Dans la position indiquée sur les figures 8 et 9, m^3 ouvre, en reculant vers la gauche, l'admission à l'arrière du cylindre moteur, tandis que la manivelle m_2, presque au point mort, laisse le tiroir d'avant presque immobile.

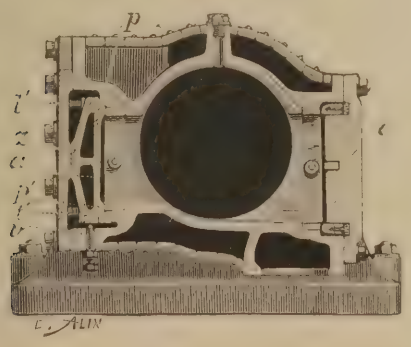


FIG. 5. — COUPE TRANSVERSALE PAR L'AXE DES TIROIRS

Cette disposition permet d'ouvrir très largement l'admission, tout en réduisant la course totale du tiroir. On peut ainsi diminuer de près de moitié le recouvrement du tiroir en raison de la petitesse de son déplacement après la fermeture de l'admission, employer des tiroirs plus petits, des glaces moins grandes, et réduire considérablement leur frottement.

Le régulateur agit sur l'admission en déplaçant le coulisseau par les tiges r (fig. 3, 6 et 7).

Le rayon de l'excentrique, venu de forge avec l'arbre moteur, est parallèle à la manivelle motrice, de sorte que l'excentrique et la manivelle passent simultanément leurs points morts.

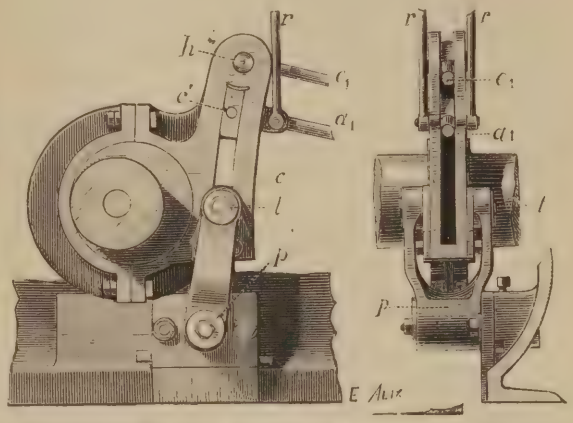


FIG. 6 ET 7. — COULISSE DE DISTRIBUTION

Le rayon de la coulisse est égal à la longueur de la bielle a_1.

Lorsque le centre du coulisseau c se trouve amené dans l'axe des tourillons t, au milieu de la coulisse, la distribution est au point mort; l'ad-

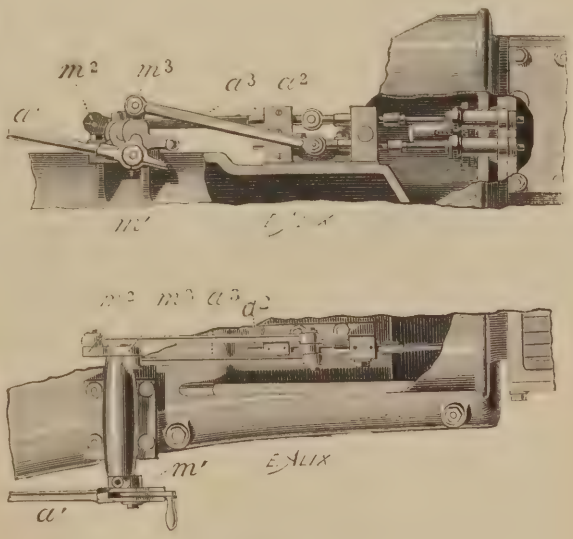


FIG. 8 ET 9. — MOUVEMENT DE LA DISTRIBUTION

mission ne s'ouvre que d'une petite quantité correspondant à l'avance linéaire des tiroirs a et a', qui se ferment dès que le piston moteur s'est déplacé d'une très faible longueur.

Quand le coulisseau se trouve, comme l'indique la figure 6, à la partie supérieure de la coulisse,

l'admission reste ouverte jusqu'à la moitié de la course.

Le mouvement des tiroirs d'échappement est invariable, indépendant de la détente ; ils ouvrent l'échappement en grand vers la fin de la course motrice et le ferment brusquement au même point de la course de retour.

Les diagrammes des figures 10 et 11 permettront de mieux saisir les principales propriétés de cette remarquable distribution.

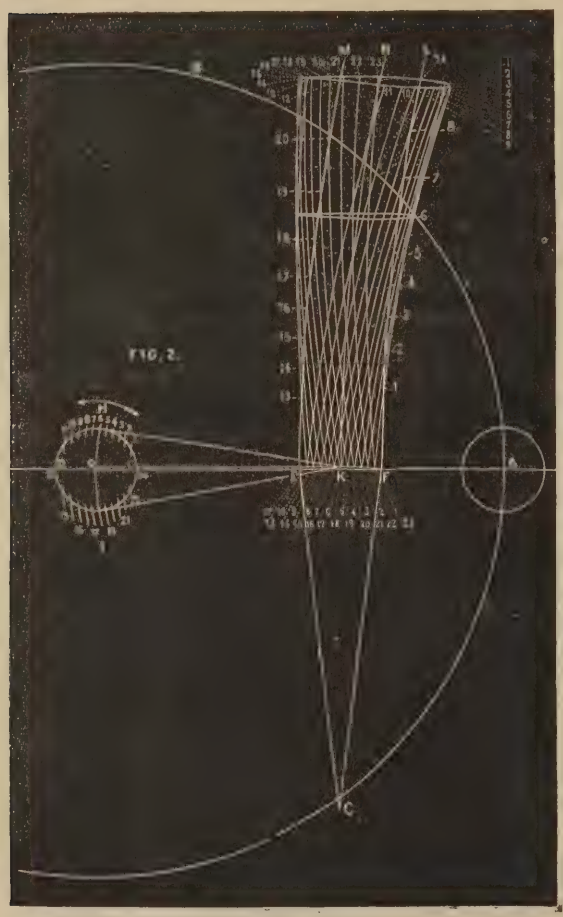


FIG. 10

Sur ces diagrammes, on a représenté par

o l'axe de l'arbre moteur,
A B la circonférence décrite par le bouton de la manivelle motrice,
C D H I la circonférence décrite par le centre de l'excentrique,
E K F l'arc décrit par l'axe des tourillons *t* (fig. 6 et 7) autour de l'axe G du pivot *p*.

L'arc E K F, de suspension de la coulisse, est divisé en 24 parties égales correspondant, par leur numération, aux divisions de même rang de la circonférence d'excentricité.

Les lignes courbes 1.1, 2.2.... représentent les positions correspondantes de l'axe de la coulisse, dont la progression des nombres 1, 2, 3 définit le mouvement.

Les points K H et I représentent les positions du milieu de la coulisse et du centre de l'excentrique correspondant aux extrémités des oscillations de la coulisse autour du point G.

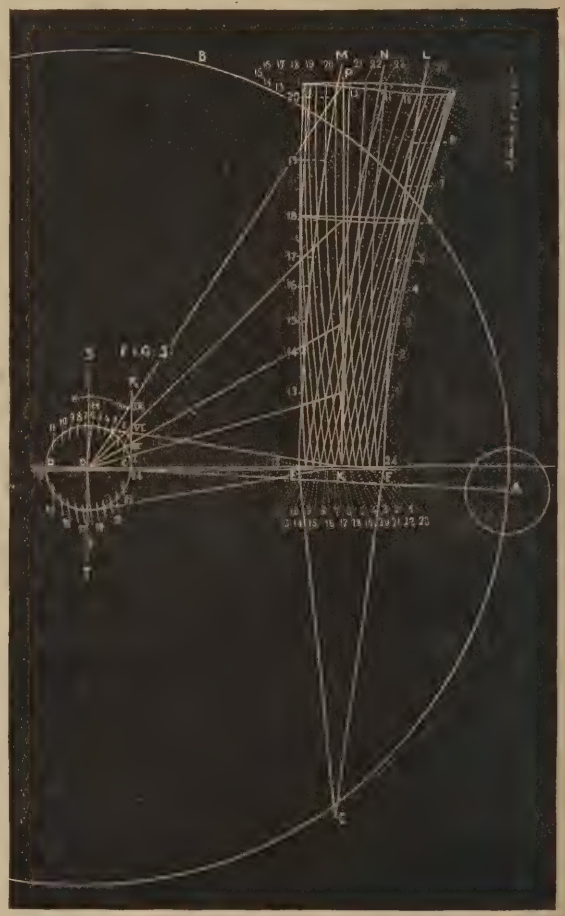


FIG. 11

On peut donc considérer la coulisse comme un levier coudé à angle droit, H K N par exemple, dont l'un des points, H décrit une circonférence et dont le bras supérieur K N pivote autour du point K, oscillant lui-même autour de G.

Dans la disposition représentée par le diagramme (fig. 10), lorsque l'excentrique passe aux points morts C ou D, la coulisse occupe les positions E M ou F L. Lorsque la coulisse est en ces positions, on peut y déplacer le coulisseau sans déplacer les tiroirs d'admission. Le piston moteur se trouve alors au commencement de sa course et

le tiroir a ouvert l'admission d'une quantité correspondant à son avance linéaire.

L'avance à l'admission est donc indépendante

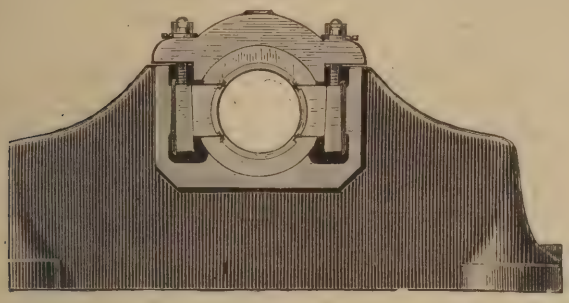


FIG. 12

de la position du coulisseau ou du degré de détente.

On peut, pour mieux analyser le mouvement de la coulisse, la considérer comme animée à chaque instant de deux mouvements composants : un mouvement de translation de E M à F L, et un mouve-

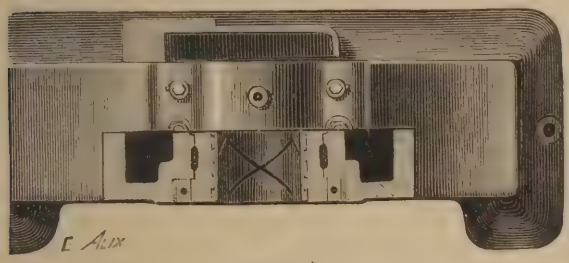


FIG. 13

ment d'oscillation autour des points K. Le mouvement de translation, dont l'amplitude est égale au diamètre du cercle d'excentricité, suit le déplacement de la projection horizontale du centr de l'excentrique et ne fait parcourir aux tirois que la longueur de leurs recouvrements. Le mouvement d'oscillation, déterminé par la composante verticale de la rotation du centre de l'excentrique, commande seul les admissions, de C en D, à l'arrière du cylindre et de D en C à l'avant.

L'admission se ferme au moment où l'axe du

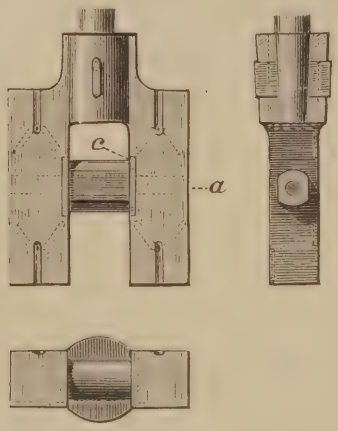


FIG. 15 A 17

coulisseau coupe les lignes de points morts E M et F L.

Or, si l'on fait aboutir les extrémités E et F de l'arc de suspension de la coulisse sur la ligne des points morts de la manivelle motrice, O A, comme dans la figure 10, les détentes sont inégales et plus prolongées sur la face avant que sur la face arrière du piston ; la coulisse s'incline plus au delà de M que de L. Cette inégalité provient de ce que, du fait de l'obliquité de la bielle fictive H K, le parcours horizontal O C, correspondant à l'arc O H

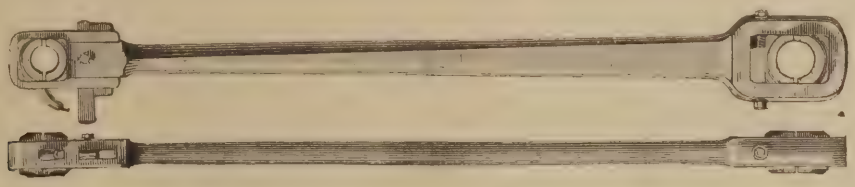


FIG. 18 ET 19

et à l'oscillation de la coulisse à droite de L, est plus grand que le parcours O D correspondant à l'arc D I et à l'oscillation à droite de M. Les composantes verticales des arcs C H et I D, qui déterminent le pivotement de l'excentrique autour du point de suspension K, sont évidemment égales, tandis que les composantes horizontales ou de de translation de la coulisse, C O et D O, sont inégales. De là, une inégalité dans les mouvements résultants de la coulisse correspondant à des parcours égaux des courses avant et arrière du piston.

On est parvenu à corriger ces inégalités en partant de la remarque suivante : si l'on décrit (fig. 11), avec un rayon égal à une fois et demie la longueur de la bielle fictive O K, un arc de cercle tangent en O à la ligne des points morts, les ordonnées menées, à cet arc, des points de la circonférence décrite par le centre de l'excentrique correspondant à des parcours égaux du piston

moteur à partir de chacun de ses fonds de course, sont sensiblement égales ; tel est, par exemple, le cas des ordonnées des points 1 et 13, 2 et 14.

Il suffira donc d'abaisser l'axe G du pivot *p* de manière que le point K décrive un arc tangent au prolongement de la corde de l'arc dont il vient d'être question pour rétablir l'égalité des détentes dans les deux courses du piston.

D'autre part, avec cette dernière disposition, le bouton de la manivelle motrice se trouvera en A en avant de son point mort lorsque la coulisse aura atteint la position F L. La manivelle motrice aura au contraire dépassé son point mort vers la course arrière quand la coulisse arrivera en EM.

De là, une avance à l'admission plus considérable à l'arrière du cylindre, au commencement de la course avant du piston, plus rapide, à cause de l'obliquité de la bielle, qu'au commencement de sa course arrière. La marche du tiroir se trouve ainsi accélérée, ainsi que l'ouverture de l'admission, comme la vitesse même du piston,

Les tiroirs d'échappement s'ouvrent et se ferment quand la coulisse croise la position KN. Le point de la coulisse qui commande l'échappement décrit la courbe supérieure du diagramme. On voit que les tiroirs d'échappement ouvrent et ferment très rapidement leurs lumières, et que l'échappement est déjà ouvert à moitié quand le piston arrive près du fond de sa course. Il est ouvert en grand à la fin même de la course et reste ou-

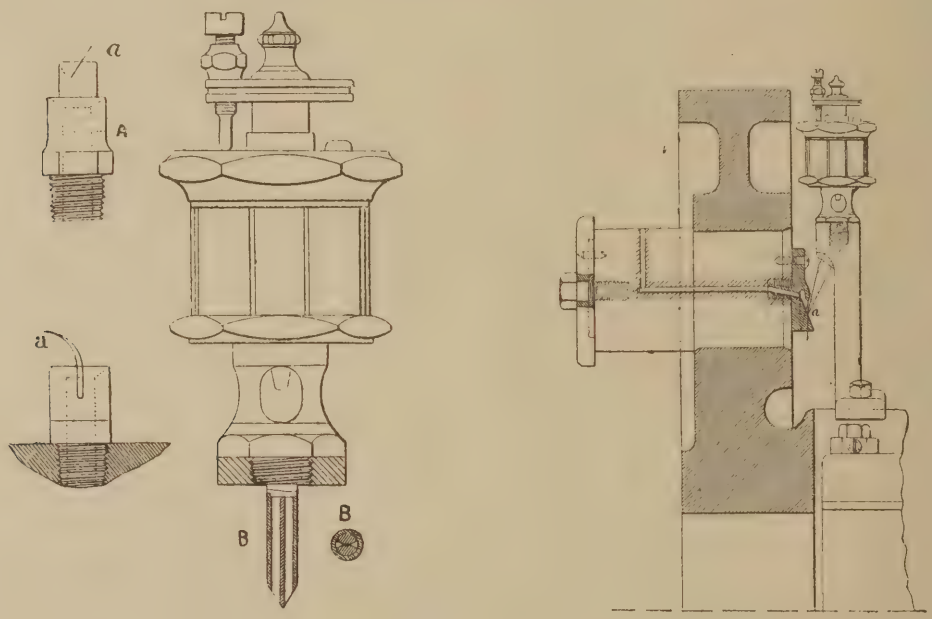


FIG. 20 A 23. — GRAISSAGE

verte jusqu'au fond de course suivante, de sorte que l'échappement n'est jamais étranglé.

On peut se faire une idée plus nette de la marche de cette distribution en remarquant que l'action de la coulisse équivaut à celle d'une série d'excentriques de courses croissantes et d'avance angulaire décroissante.

Menons, pour le démontrer, la ligne KP perpendiculaire à la ligne des points morts, et joignons en divers points au centre O, par des lignes coupant en I, III, VI, IX la tangente CR.

On démontre que :

1° La longueur des sécantes 01, 011, 0111 est égale à la moitié de la course des points de la coulisse où leurs prolongements coupent la droite KP.

2° La partie de la sécante au delà de la circonférence CP est égale à la quantité dont la coulisse ouvre l'admission lorsque le coulisseau se trouve au point correspondant sur KP.

Le mouvement de ce point de la coulisse et du tiroir est donc le même que celui qui résulterait de l'action d'un excentrique de rayon égal à la sécante correspondante, et d'avance angulaire égale à l'angle que fait cette sécante avec la perpendiculaire ST à la ligne des points morts.

Les tiroirs, au nombre de quatre (fig. 4 et 5), sont verticaux, entièrement équilibrés à l'échappement et partiellement à l'admission. Chacun d'eux ouvre simultanément, ainsi que l'indiquent les flèches de la figure 4, quatre passages à la vapeur d'admission ou d'échappement.

Les tiges attaquent les tiroirs par leur axe de figure, condition essentielle pour assurer une usure uniforme des glaces.

Les tiroirs d'échappement, séparés de la chambre

de vapeur d'admission, n'ont avec le cylindre qu'une faible surface de contact, de manière à ne lui enlever que très peu de chaleur.

Les plaques d'équilibre *z* des tiroirs d'admission sont toujours appuyées par la vapeur sur leurs supports inclinés *p' p'*; leur pression sur ce tiroir est réglée par les vis *v*, qui en rattrapent l'usure. Les tassaux *t*, *t'* et *t*, venus de fonte avec le couvercle des boîtes, leur laissent un faible jeu. Cet ajustage laisse à la contre-plaque et au tiroir une certaine liberté qui, tout en n'empêchant pas leur application d'être parfaitement étanche, permet au tiroir de se soulever quand la pression au cylindre arrive à dépasser d'une certaine quantité celle de la vapeur d'admission. La contre-plaque constitue ainsi une sorte de soupape de sûreté s'a-

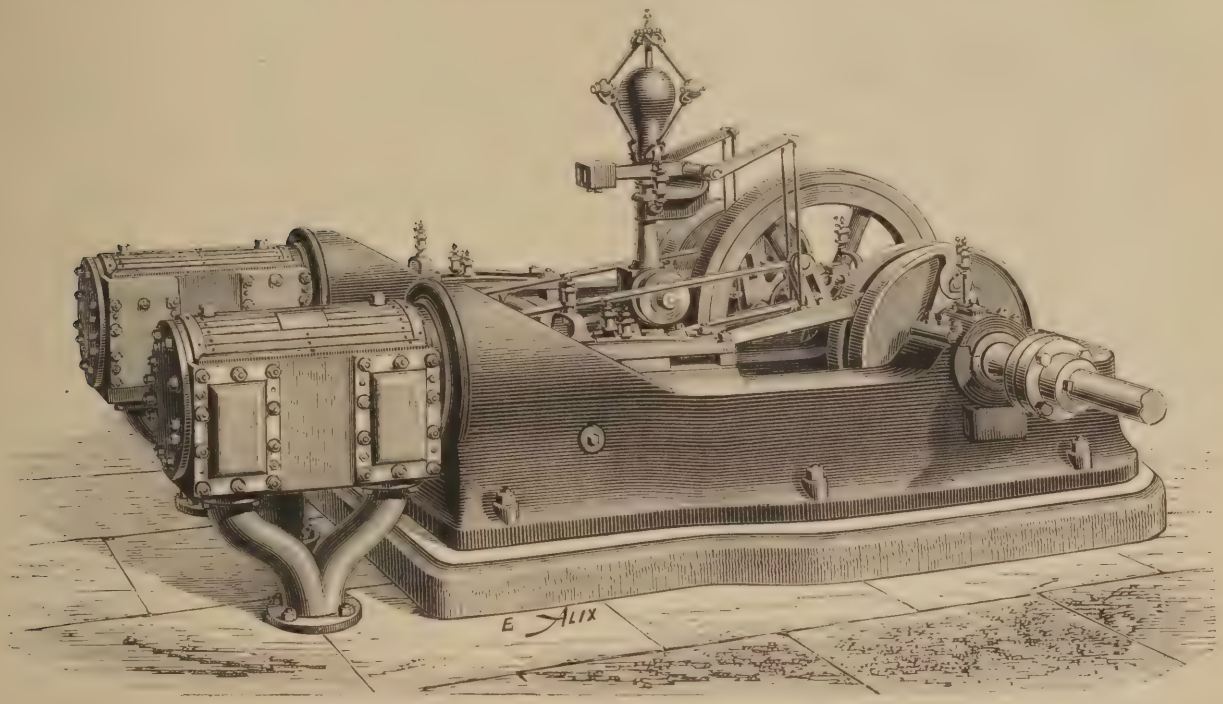


FIG. 24. — MACHINE JUMELLE DE LA « WILLIMANTIC Co »

daptant automatiquement à la pression normale.

Le tiroir d'échappement est équilibré par un cadre *c* à diaphragme de cuivre *c'*, appuyé sur le tiroir par la pression du cylindre qui s'annule au moment de l'échappement.

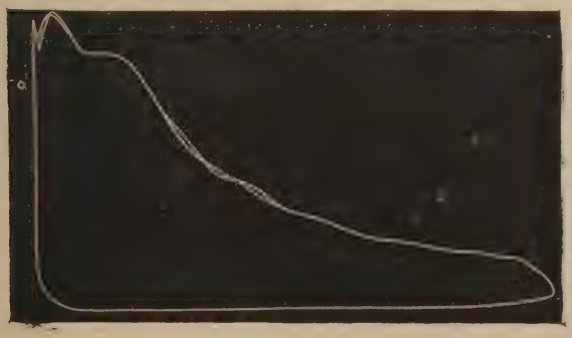


FIG. 25

Paliers. — Les paliers à longues portées et très robustes, figure 12 et 13, sont munis de coussinets en quatre parties, ajustables par des coins. Le diamètre des portées est égal à la moitié en-

FIG. 26

viron de celui du cylindre moteur et leur longueur a ce diamètre même.

Manivelle. — Le disque-manivelle, équilibré par

un contrepoids, affleure le corps de la bielle, afin de réduire au minimum sa distance au milieu du palier. Le bouton de la manivelle, d'un diamètre plus grand que sa longueur, est en acier très doux, cémenté et trempé.

Piston. — Le piston, massif et très épais, n'est

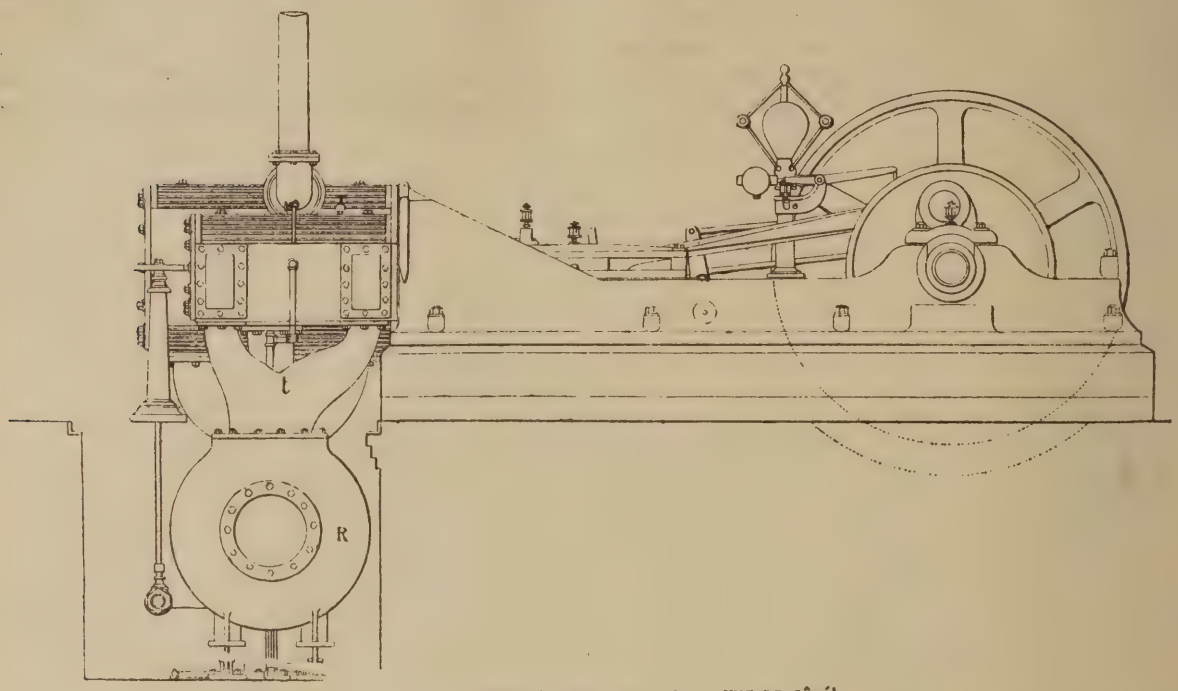


FIG. 27. — MACHINE ALLEN COMPOUND. — VUE DE CÔTÉ

muni que de deux segments, un à chaque bout; il est très faiblement ovalisé à sa partie supérieure, de sorte qu'il ne peut jamais porter sur le cylindre par deux points à l'extrémité d'un même

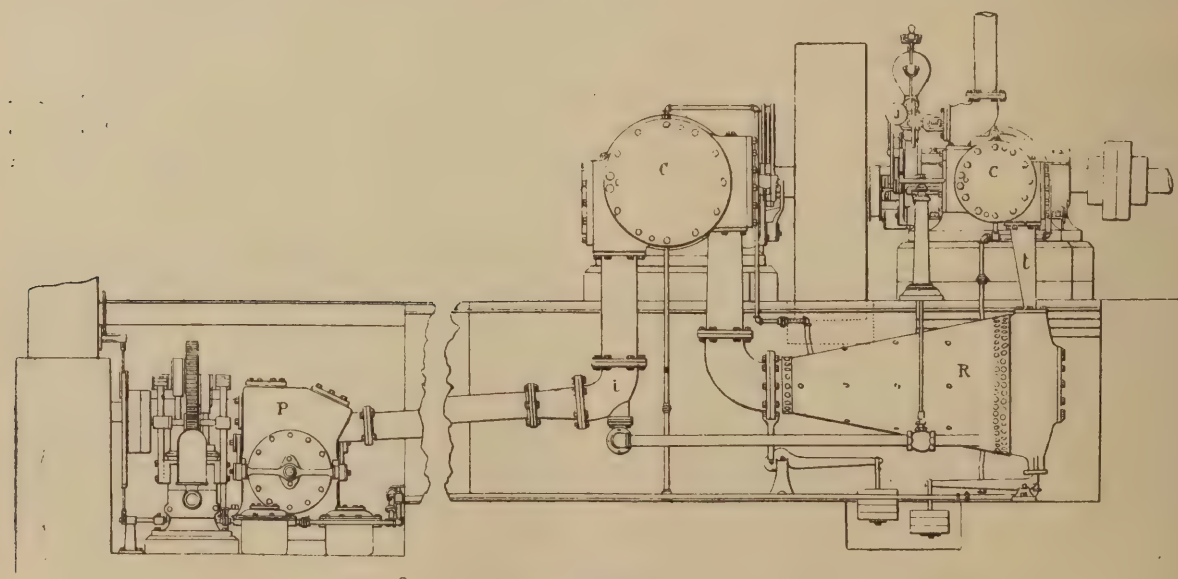


FIG. 28. — MACHINE ALLEN COMPOUND. — VUE PAR BOUT

diamètre. On évite ainsi tout danger de coincement du piston.

Glissières (fig. 15 à 17). — Le croisillon en fonte est très rigide et présente de grandes surfaces de portée, parfaitement guidées. Le tourillon de la petite tête de la bielle motrice est en fer trempé,

solidement assujetti par des carrés *c* et par l'axe d'acier *a*, forcé dans les glissières ; ce tourillon est aplati pour évier tout grippage des coussinets.

Bielle. — La bielle (fig. 18 et 19) en forme de solide d'égale résistance a une longueur égale à six fois celle de la manivelle ; le serrage est disposé de manière que la longueur totale de la bielle ne varie que d'une quantité insignifiante, égale à la différence des usures de ses coussinets, ce qui permet de réduire l'espace nuisible entre le piston et les plateaux du cylindre.

Régulateur. — La régularisation des machines Porter-Allen est commandée, comme nous l'avons vu, par un régulateur à force centrifuge agissant sur la coulisse d'admission. Ce régulateur est caractérisé par l'emploi d'une grosse masse de fonte A

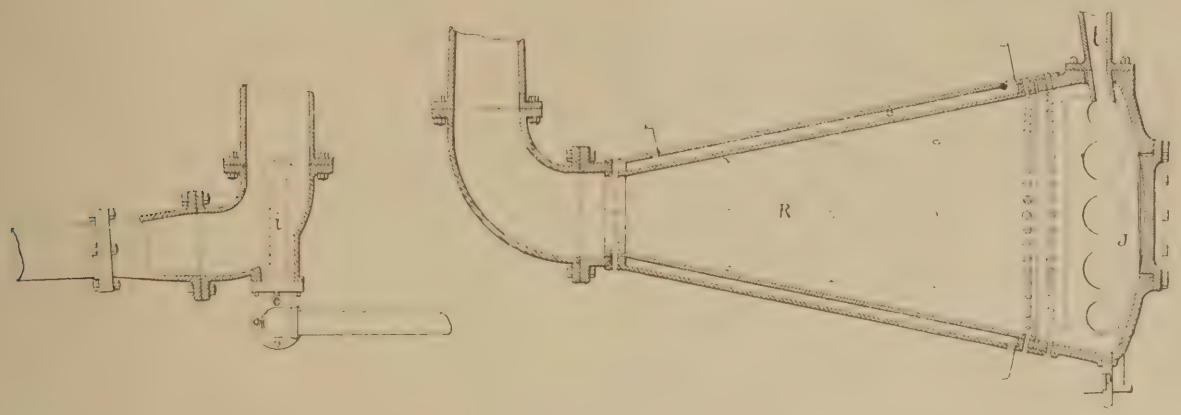


FIG. 29 ET 30. — MACHINE ALLEN COMPOUND. — RÉSERVOIR INTERMÉDIAIRE ET CONDENSEUR

reliée à son manchon (fig. 2. On démontre que ce régulateur est plus *sensible* que les régulateurs ordinaires dans le rapport $\frac{B+2A}{B}$. A étant le poids de la masse de fonte et B celui des boules, c'est-à-dire, que le manchon de ce régulateur se déplace, pour une variation donnée de la vitesse du moteur, d'une quantité amplifiée dans ce rapport. De là, une régularisation très uniforme de la machine même aux plus grandes vitesses.

Graissage (fig. 20 à 23). — Le graissage s'opère automatiquement par le passage d'un lécheur

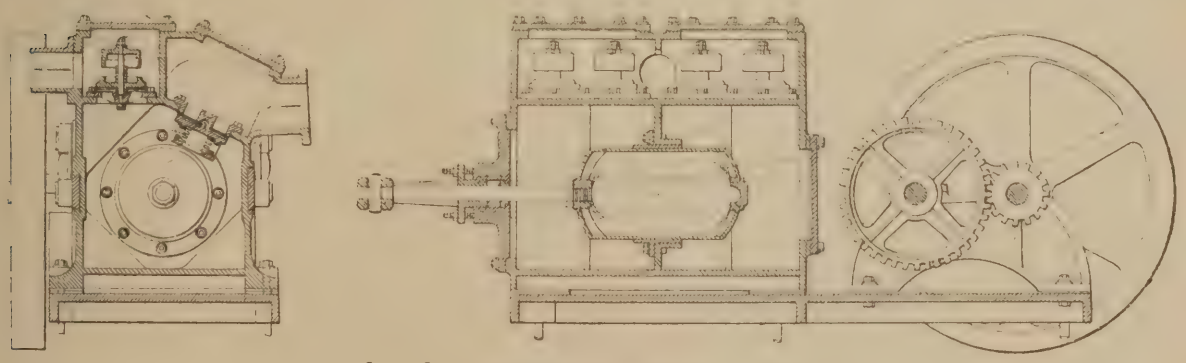


FIG. 31 ET 32. — MACHINE ALLEN COMPOUND. — POMPE A AIR

a qui vient à chaque tour de l'arbre ou à chaque passage du croisillon, prendre la goutte d'huile qui pend au bout du tube B du graisseur. L'huile tombe dans ce tube par un orifice visible, réglable à volonté.

Machines jumelles.

La régularité et l'économie des machines Allen, augmentent, comme on le comprend facilement, si on les accouple par paires, et si on leur procure le bénéfice de la condensation.

Tel est le cas des machines jumelles représentées par la figure 24, dont les cylindre sont 290 m/m de diamètre et 400 m/m de course, et qui développent, à 350 tours, une puissance de 200 à 250 chevaux.

La « Willimantic C° Linen », Connecticut, emploie trois de ces machines jumelles : chacune d'elles attaque directement une transmission de 240 mè-

tres de long. Les diagrammes (fig. 25 et 26) indiquent l'excellent fonctionnement de la distribution de ces moteurs; leur dépense est d'environ 11 k. de vapeur par cheval indiqué et par heure.

Machines compound.

La machine Allen se prête très bien à l'application du système Compound : les figures 27 et 28

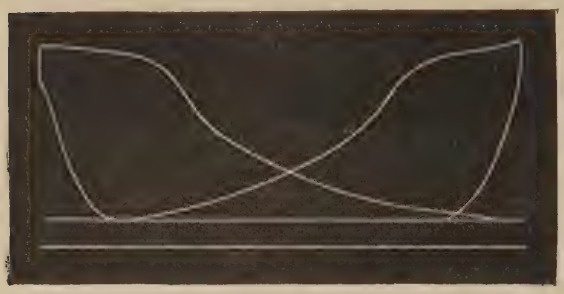


FIG. 33

en représentent un exemple construit pour la filature de soie de Cheney Brothers, à Manchester-Connecticut.

La vapeur passe, au sortir du cylindre de haute pression *c*, dans un réservoir R entouré en *e* (fig. 30), d'une enveloppe de vapeur et muni d'un sécheur J, de sorte qu'elle arrive au cylindre de détente C, complètement desséchée, et, peut être,

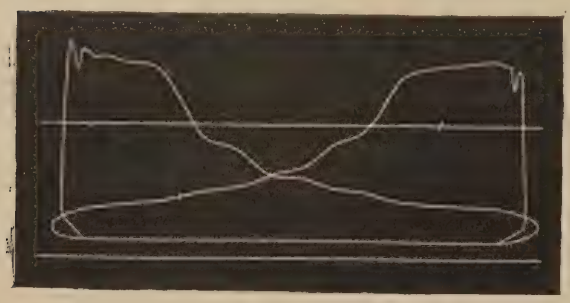


FIG. 34

légèrement surchauffée. L'eau séparée de la vapeur s'échape du réservoir intermédiaire par le purgeur *p* la vapeur du cylindre de haute pression y pénètre par les tuyaux *t*.

Au sortir du cylindre de détente C, la vapeur d'échappement se rend au condenseur dont le tube d'injection se trouve en *i* (fig. 29) et la pompe à air en P (fig. 30 et 31). La pompe à air donne 80 coups doubles par minute quand la machine fait 180 tours; le travail nécessaire pour mener la pompe à air est d'environ 1 o/o de la puissance de la machine.

Les deux cylindres sont munis d'enveloppes de vapeur; le diamètre du petit cylindre est de 305$^{m}/^{m}$, celui du grand est de 530 $^{m}/^{m}$, le rapport de leurs volumes est de 1 à 3, leur course commune est de 610$^{m}/^{m}$. L'espace nuisible, de 6.5 o/o dans le petit cylindre, et de 8.33 o/o pour le gros, est réduit, dans les nouvelles machines, à 5 o/o.

La vapeur est détendue, en totalité, de 16 fois son volume; la dépense totale de vapeur est d'environ 8^{k}.5 par cheval indiqué et par heure.

Les diagrammes des figures 33 et 34 pris à 180 tours par minute indiquent un poids de vapeur sensiblement constant, depuis l'admission au petit cylindre jusqu'à la sortie du grand.

Le tableau suivant donne les principales caractéristiques des machines du type Porter-Allen, en marche normale.

CYLINDRES		TOURS par minute	VITESSE du piston en mètres par seconde	PUISSANCE INDIQUÉE (1)	
Diamètre	Course			Sans condensation	Avec condensation
150	300	350	3^{m}50	25	»
180	»	»	»	35	»
200	400	280	3,73	45	60
230	»	»	»	60	75
250	500	230	3.83	75	100
290	»	»	»	100	125
330	600	200	4,00	130	160
370	»	»	»	160	200
400	760	165	4,12	200	260
460	»	»	»	250	330
500	910	140	4,20	320	400
560	»	»	»	400	500
600	1^{m}06	125	4,37	480	620
660	»	»	»	560	730
700	1^{m}22	112,5	4,50	670	870
810	»	»	»	870	1140
915	»	»	»	1100	1430
1^{m}01	»	»	»	1360	1750
1 18	»	»	»	1600	2000
»	1^{m}93	80	4,20	1600	2100

Les vitesses et les puissances indiquées dans ce tableau n'ont évidemment rien d'absolu : il n'est pas rare de rencontrer des machines Porter-Allen marchant régulièrement à 600 tours par minute sans les surmener aucunement.

(A suivre.) GUSTAVE RICHARD.

(1) Ces puissances correspondent à une pression initiale de 6^{k},15 par centimètre carré avec admission coupée au 1/4 de la course, — en admettant pendant la moitié de la course, on peut augmenter de 50 o/o la puissance de ce moteur.

L'ÉLECTRICITÉ EN MÉDECINE

Quatrième article. (*Voir les nos des 16 et 23 février et du 1er mars 1884.*)

THÉRAPEUTIQUE

II

ÉLECTRISATION PERMANENTE

Lorsque nous avons appliqué à la masse organique les excitations, localisées ou dispersées, de l'état électrique variable, nous les avons vues agir sur sa motilité, sur sa sensibilité et sur les phénomènes circulatoires dont elle est le siège. En modifiant mécaniquement les conditions des rapports des cellules avec leur milieu alimentaire, l'électrisation variable agit bien indirectement sur la nutrition; mais nous n'avons pu noter, dans cet ordre d'influence, ni une action directe, ni une action indirecte autre que celles liées aux vicissitudes mécaniques de la circulation. Nous n'avons pas noté davantage l'action de l'électrisation variable sur le fonctionnement de l'électromoteur organique, ni quels phénomènes physiques secondaires elle pourrait bien y provoquer. L'étude de l'électrisation *continue* va fournir sur ces questions quelques renseignements, et surtout des données préliminaires à poursuivre.

Rappelons-nous l'expérience de Cl. Bernard citée au début de cette étude: on sait qu'elle donnait des résultats bien différents suivant qu'on faisait intervenir les variations d'état du courant, ou suivant qu'on laissait celui-ci agir d'une façon continue. Dans le premier cas, les manifestations physiologiques étaient évidentes; nous venons d'en ébaucher l'analyse et d'en faire quelques applications à la thérapeutique. Il nous reste à examiner le second cas, celui de l'*action continue* du courant, ou, comme disent les physiciens, des phénomènes en rapport avec son *état permanent*. Ici, les effets chimiques sont les seuls apparents; nous allons rechercher maintenant ce qu'ils sont, et s'il n'en est pas d'autres.

Plaçons donc notre organisme schématique dans un circuit traversé d'une façon permanente par un courant. Que se passera-t-il?

D'abord, au niveau des points de fermeture du circuit sur l'organisme interposé? — Nous l'avons vu à l'occasion des applications chirurgicales de l'électricité: au niveau des points d'application des électrodes se dégagent des acides et des alcalis naissants, produits de l'électrolyse de la masse interposée, acides et alcalis qui agissent comme caustiques sur les tissus organisés en présence desquels ils apparaissent, — à moins que des précautions que nous avons signalées n'aient été prises pour déplacer le siège de cette action chimique secondaire et la porter extérieurement.

Est-ce là tout le travail chimique accompli? — Non. La région intermédiaire aux points d'application des électrodes ne saurait rester indifférente.

J'ai cru pouvoir appliquer aux phénomènes dont cette zone intermédiaire est le siège la théorie proposée par Grothus pour rendre compte de l'état de la zone de l'électromoteur chimique qui paraît indifférente. L'apparition isolée des produits de l'électrolyse dans des points éloignés l'un de l'autre s'expliquerait par une série de décompositions immédiatement suivies de reconstitutions molécule à molécule, consécutives à la polarisation des éléments matériels formant la chaîne qui relie l'un à l'autre les points d'application des électrodes.

Mais cette polarisation des molécules, suivie de leur décomposition et de leur reconstitution par combinaison de l'élément électronégatif de chacune avec l'élément électropositif de la molécule voisine, ce mouvement chimique sur place n'aboutissant qu'à la mise en liberté de la moitié de chacune des molécules extrêmes, est avant tout une vue de l'esprit; cette théorie ne répond à rien d'apparent. Appliquée à l'individu vivant, elle explique, comme dans la nature brute, l'absence de tout phénomène objectif dans la partie intermédiaire aux électrodes; mais je me demandai si, lorsqu'on opère chez l'homme, il ne serait pas possible de pousser plus loin l'observation en y utilisant la production possible de phénomènes subjectifs? C'est ce que je vérifiai en prenant pour réactif l'appareil sensitif de la gustation.

Je constatai ainsi, dans un certain rayon autour des points où apparaissent à l'état naissant des acides ou des alcalis libres, l'existence d'une sorte d'atmosphère à réaction acide ou alcaline; et, dans la zone intermédiaire, une sensation mixte traduisant un conflit de réactions qui me parut ne pouvoir répondre qu'à la réalisation des décompositions et combinaisons à la fois continues et successives que suppose la théorie de Grothus.

D'où je concluais que, dans la nature vivante, la perturbation de l'équilibre chimique déterminée par le passage du courant doit inévitablement se traduire, dans le milieu affecté, par une aberration des forces nutritives, favorable ou défavorable au fonctionnement normal ou à un fonctionnement réparateur. Ici, on peut admettre qu'on fournit à l'organisme, à l'état naissant, les éléments sur lesquels opère la nutrition, au lieu de les lui laisser emprisonnés dans des combinaisons relativement stables.

Jusqu'ici la médecine n'a tiré aucun parti de

cette notion; elle n'a assis sur elle aucune indication thérapeutique, et n'y a eu recours pour expliquer aucun résultat empirique. C'est par elle que j'expliquerais certains effets éloignés de la galvanocaustique chimique, différents de ceux des cautérisations potentielles ordinaires, effets frappants surtout dans la réparation des cavités ouvertes par la cautérisation tubulaire. C'est elle encore qui pourrait rendre compte des effets produits quelquefois sur la nutrition des grandes articulations par le passage continu d'un courant suivant un de leurs diamètres.

Mais ces actions ne sont pas seulement contemporaines de l'application du courant; elles lui sont aussi consécutives, et mettent un certain temps à s'accomplir.

Déjà Matteucci avait montré que les tissus organisés, notamment les muscles et les nerfs, soumis pendant un certain temps à l'action d'un courant voltaïque, se comportent ensuite comme des électromoteurs secondaires. Il en est de même de l'organisme envisagé en masse. A la polarisation de celui-ci par le courant extérieur qui l'a traversé, succède, quand le moteur voltaïque cesse d'agir, une *dépolarisation* dont la marche n'est pas connue dans les conditions où nous la laissons s'opérer dans la pratique médicale. Si le moteur cesse d'agir sans que le circuit soit rompu, ou si, après avoir rompu le circuit, on le rétablit sans y intercaler le moteur, la dépolarisation se traduit par l'apparition dans le circuit d'un courant de direction inverse à celle du courant polarisateur.

C'est surtout en vue des applications industrielles qu'on a, depuis les travaux de Matteucci, étudié les conditions de fonctionnement des électromoteurs secondaires. L'organisme vivant fonctionne-t-il dans des conditions exactement comparables? et s'il en est ainsi, quelles en seront les conséquences? Il est impossible de répondre aujourd'hui à ces questions, mais il est temps de les poser : cela suffit à établir que les phénomènes physico-chimiques de la voltaïsation continue sont plus complexes qu'on ne l'a admis jusqu'ici, et fait voir dans quelle direction doit être étudiée cette complexité.

Les expériences faites sur la décharge des piles secondaires dans un circuit défini n'établissent pas encore ce qui se passe dans nos épreuves thérapeutiques. Lorsque l'application voltaïque a duré un certain temps, nous rompons le circuit sans le reformer; c'est alors au sein de l'électrolyte lui-même que se fait la dépolarisation, suivant des voies, une marche et une durée sur lesquelles nous ne possédons actuellement aucune donnée précise. Nous savons seulement que les piles secondaires de l'industrie gardent leur charge pendant un temps fort long, ce qui porterait à admettre que la décharge spontanée d'un organisme polarisé peut n'être pas très rapide.

En thérapeutique, on ne s'est attaché jusqu'ici qu'aux effets qu'on supposait devoir être *contemporains* du passage du courant appliqué. Puis, suivant qu'on employait des courants forts ou faibles, on faisait les applications plus courtes ou plus longues. On comprend que cette posologie sommaire ne saurait être que la première étape dans une voie difficile sans doute, mais qu'il faut, dès à présent, s'appliquer à éclairer.

Nous savons que les effets contemporains du passage du courant ne sont pas les seuls. Il faudra établir quelles relations existent entre l'action primitive qui leur donne naissance et le développement des phénomènes secondaires. J'ai insisté sur les desiderata que présentaient tout d'abord les solutions données, en thérapeutique, aux questions de quantité et de tension des courants, à celle surtout de la durée des applications; or ces questions ne comportent pas de solutions isolées; et c'est surtout dans leurs rapports avec la marche de la dépolarisation qu'elles devront être étudiées.

Les effets apparents, ou pouvant être rendus sensibles, des applications électriques continues à la masse organisée que nous avons prise comme sujet, étaient ceux d'ordre chimique. C'est pourquoi j'ai envisagé d'abord les phénomènes de cette catégorie, phénomènes primitifs et secondaires, avant d'examiner ce que deviennent, dans l'opération, les manifestations vitales, nerveuses et musculaires, les réactions circulatoires, et aussi les manifestations électriques propres de l'organisme soumis à notre étude.

L'action sur les nerfs et sur les muscles ne se traduit par aucun phénomène sensible. Les études entreprises à cet endroit n'ont porté que sur des organes mutilés, — ce qui n'est pas toujours un vice rédhibitoire, mais le devient quand on ne peut passer de la partie mutilée à l'organe remis en place. Le seul phénomène notable, quand on observe sur le sujet vivant, est un état de contraction musculaire très incomplète, auquel Remak avait donné le nom de *galvanotonique;* il reste toutefois à interpréter ce fait, à rechercher notamment s'il est en rapport avec l'action permanente du courant, ou s'il n'est pas lié plutôt à des variations inévitables de celui-ci, variations en rapport avec l'état du moteur, ou des contacts, ou avec le travail chimique de polarisation. Cette dernière hypothèse me paraît la plus probable. J'ai enfin constaté que l'état de contraction dite galvanotonique est indépendant, au moins dans une large mesure, du concours du système nerveux : il se produit aussi bien, sinon mieux, chez un animal empoisonné par le curare.

Pour ce qui est des modifications de la circulation, modifications que les observations cliniques mettent hors de doute, rien de constant n'a été observé dans des conditions permettant une conclusion, même partielle : j'ai signalé plus haut les desiderata des expériences à la suite desquelles on avait tiré d'observations faites dans des conditions tout artificielles des conclusions qui doivent être tenues pour non avenues. C'est en grand, sur l'animal entier, que ces épreuves devront être reprises ; elles ne paraissent pas devoir offrir d'insurmontables difficultés.

Restent à envisager les modifications apportées par l'électrisation *continue*, *pendant* son intervention, à l'*état électrique propre* de l'organisme auquel elle est appliquée. On n'a pas oublié, en effet, que notre électrolyte vivant n'est pas seulement capable de devenir un électromoteur secondaire, qu'il est lui-même un électromoteur, et que les courants surajoutés exerceront sur ses courants propres une action directe, régulatrice ou perturbatrice suivant leur direction, et des actions inductrices.

Que seront toutes ces actions ? — Pour en juger, il faut d'abord savoir ce que sont les courants physiologiques.

A défaut d'une solution complète de cette question, nous possédons à son endroit des données qui ne sont pas sans valeur.

Nous savons déjà, par Matteucci, que le courant de l'électromoteur musculaire au repos, — que son courant de nutrition, — est dirigé extérieurement de la coupe à la surface longitudinale. Il en est de même dans un fragment de nerf.

Ce sont là toutefois des observations faites sur des débris, observations qui resteraient sans valeur si elles n'avaient été poussées plus loin. Nobili les a reprises sur un membre entier, — sur un membre de grenouille, il est vrai, — et a noté l'existence d'un courant total, d'un courant dirigé de l'extrémité du membre à sa racine.

Ce que Nobili avait constaté sur la patte d'un animal à sang froid, Cl. Bernard a pu, grâce à un artifice expérimental, le constater sur des membres de mammifères.

Mais les choses se passent-elles ainsi chez un animal entier et vivant ? — Dubois-Reymond a pu le constater en fermant avec les deux mains ou les deux pieds le circuit d'un galvanomètre. L'aiguille de celui-ci, sollicitée par deux courants égaux et de sens contraires, restait immobile. Faisant alors contracter un muscle ou un groupe de muscles, l'aiguille du galvanomètre déviait, accusant ainsi la direction d'un contre-courant de contraction, de ce que Dubois-Reymond a appelé la *variation négative*. Le sens du courant physiologique qui parcourt les membres se trouvait ainsi déterminé : ce courant est encore centripète.

Enfin, une expérience de Matteucci montre que la résultante des courants physiologiques dans les centres nerveux est toujours centripète. Les deux électrodes d'une pile étant appliquées en deux points aussi éloignés que possible d'un animal récemment sacrifié, des courants dérivés parcourent toutes les parties du corps, courants dont l'intensité est en raison de la conductibilité propre des tissus ou dépend de leur position relative, d'après les lois générales qui président à la répartition des courants dans les voies de dérivation.

Pour se rendre compte des conditions spéciales de la conductibilité des organes nerveux, Matteucci examina comment étaient dérivés les courants qu'on y appliquait. Faisant entrer les divers trajets de dérivation dans le circuit d'un galvanomètre très sensible, il vit qu'un courant d'intensité constante introduit dans l'animal par deux points du système nerveux donne lieu, dans la masse des autres parties, à des courants dérivés plus forts, et est par conséquent moins bien conduit, lorsque la direction du courant de la pile dans l'animal est centrifuge que lorsque cette direction est centripète. D'où peut venir cette différence de la facilité de transmission dans une même portion de circuit ? — Elle ne peut tenir qu'à l'état électrique propre de cette portion de circuit, le courant additionnel s'ajoutant dans un cas au courant physiologique, et le contrariant dans l'autre cas.

Le courant physiologique est donc centripète. Et, ce qui établit que c'est bien à une condition physiologique qu'on doit attribuer la différence notée dans les transmissions centrifuge et centripète, c'est que cette différence s'affaiblit à mesure qu'on s'éloigne du moment de la mort de l'animal, pour devenir nulle au bout d'un certain temps.

En présence de la complication des conditions du problème physiologique que nous pose l'application du courant permanent, en présence des perturbations nécessairement mal connues qu'y introduit l'état pathologique, la prétention de donner des faits thérapeutiques des solutions raisonnées, précises et définitives, serait illusoire : la part la plus large reste forcément celle faite à l'empirisme. Celui-ci peut toutefois n'être pas absolu ; des théories partielles et provisoires peuvent lui servir de guide ; on ne renonce pas complètement à se rendre compte du mécanisme ou simplement de la tendance générale des phénomènes que l'on provoque.

J'ai cru trouver des raisons d'agir dans ces expériences sur le *courant propre*, expériences

établissant sa direction générale centripète. Partant de là, j'estimai que, dans les névropathies sans lésion persistante et irrémédiable, les courants centripètes devaient être utiles en agissant dans le sens des conditions physiologiques normales, apportant un renfort à la *nature médicatrice* comprise comme je l'ai autrefois définie : « La condition, toute passive, en vertu de laquelle l'organisme oppose aux influences qui tendraient à enrayer le mouvement vital une résistance d'autant plus grande que la somme de ce mouvement est plus considérable. »

Admettant, en outre, que toutes les lésions sont localement dépressives, ne donnant qu'indirectement lieu à des phénomènes d'exaltation, j'employai la galvanisation centripète, soit des nerfs, soit de l'axe rachidien, dans tous les cas où le système nerveux me paraissait primitivement ou principalement en cause : phénomènes douloureux et convulsifs en général, douleurs de l'ataxie locomotrice, gastralgies et cardialgies, toux et dyspnée convulsives, contractures, tremblements paralytiques, insomnies, éréthisme algique ou convulsif des convalescences laborieuses, etc.

Les épreuves comparatives, qui sont de règle en physiologie, sont plus difficiles en thérapeutique : lorsqu'on juge bon un procédé, on ne peut, on ne doit pas essayer légèrement le procédé contraire.

Je l'ai fait cependant involontairement, pour les applications que je viens d'indiquer, à la suite d'un changement d'orientation d'un de mes instruments dont je n'avais pas été prévenu ; j'eus ainsi pendant quelques jours, jusqu'à ce que j'eusse reconnu le changement d'orientation, la surprise de ne plus trouver les résultats thérapeutiques auxquels j'étais habitué. Cette contre-épreuve me confirma dans la pratique dont j'avais formulé l'indication.

Les considérations qui viennent d'être présentées sur l'électrisation permanente et sur l'électrisation variable montrent la première agissant immédiatement sur quelques-unes au moins des conditions chimiques de la nutrition; la seconde, immédiatement aussi sur quelques aptitudes fonctionnelles apparentes.

Cette double étude comportera, lorsqu'elle sera poursuivie dans un esprit analytique, des développements que je ne pouvais aujourd'hui que faire prévoir.

S'en tenant à ce qui est actuellement acquis, on peut se demander si les indications que nous nous attachons à remplir isolément ou successivement par les actions variables et permanentes ne pourraient pas l'être simultanément ; s'il y aurait à agir ainsi quelque avantage ou quelque inconvénient ?

Quelle que doive être la réponse à cette question, il est certain qu'on a de tout temps employé des procédés mixtes.

On l'a fait tout d'abord quand on a tiré de temps en temps des étincelles des malades soumis au bain électrostatique. Quand, plus tard, on a employé la pile à donner des secousses, il est arrivé qu'on laissait souvent le circuit fermé pendant un temps qui n'était plus négligeable. Quand, plus tard encore, on a eu recours, — toujours en vue de l'état variable, — aux machines magnéto-électriques de Pixii, de Clarke et de Page, on s'est trouvé empêché, par la durée nécessaire de la fermeture du circuit sur le sujet, d'éliminer complètement certains effets qui, sans être permanents, offrent cependant une continuité intermittente par où ils se rattachent à l'action constante. Enfin, de nos jours, la voltaïsation discontinue, mise à la mode en Allemagne sous le nom de galvanisation continue, est rentrée, tout en la désavouant, dans la pratique des procédés mixtes.

Il y a vingt ans, je m'étais préoccupé des moyens de réunir dans un même appareil les deux ordres d'actions, variables et permanentes, en adoucissant la brusquerie des premières et en enlevant aux secondes une partie de leur action chimique. La machine existait : celle de Clarke ou de Saxton; il suffisait, pour lui faire rendre dans cet ordre d'idées des effets variés, de placer sur son axe un jeu de commutateurs faciles à substituer les uns aux autres. Je n'ai pas, toutefois, fait exécuter cet appareil à courants oscillants fréquemment interrompus sous des tensions diverses, parce que les indications de ces courants ne me paraissaient pas suffisamment établies. Je crois encore que la machine de Clarke, chassée de l'industrie par les moteurs Gramme, trouvera un jour un refuge dans le cabinet du médecin, après qu'on lui aura fait subir quelques modifications, lui permettant de donner à volonté des courants successifs de même sens, et la dotant d'un commutateur qui permette de faire varier les durées de passage des courants dans l'organisme. L'heure de cette réadoption n'est pas encore venue ; mais il convient de constater que des applications mixtes ont été déjà faites ou sont réalisables dans de bonnes conditions instrumentales, en vue de résultats encore tout à fait empiriques. Plus tard, quand les applications variables proprement dites et les applications permanentes seront assises sur des vues théoriques rigoureuses, il y aura lieu d'essayer la combinaison de ces deux ordres de ressources, et de revenir aux procédés mixtes d'électrisation, avec la prétention, cette fois, de les faire concourir à remplir les indications d'une thérapeutique rationnelle.

Dr A. Tripier.

REVUE
DE
L'EXPOSITION DE VIENNE

LAMPES ÉLECTRIQUES. — PILES ET ACCUMULATEURS

Lampes électriques

Il serait trop long de passer en revue les nombreuses lampes, pour la plupart déjà connues, qui se trouvaient à l'Exposition de Vienne, et nous nous contenterons de signaler celles qui présentaient quelques particularités nouvelles.

Parmi celles-ci, nous citerons d'abord la lampe de M. B. Abdank Abakanowicz, dont le principe général a déjà a été décrit dans *La Lumière Electrique* (numéro du 4 novembre 1882), mais dont le type exposé présentait un nouveau genre de frein amortisseur. On se rappelle que, dans cette lampe, le charbon supérieur, qui tend à descendre par son propre poids, est réglé dans sa descente par un frein que commande à distance une sorte de veilleur ou régulateur différentiel subissant directement les variations du courant.

La partie de la lampe que M. Abdank Abakanowicz a modifiée est le frein ; il l'a construit de façon à ce qu'il joue en même temps le rôle d'amortisseur et remplace les dispositifs à mouvements d'horlogerie, à liquide ou à gaz employés dans la plupart des lampes. Il a profité pour cela de ce fait que son régulateur différentiel, séparé de la lampe, envoie, au moment du réglage, des courants de très courte durée, qui se répètent souvent et déclenchent le mécanisme de la lampe pour un très petit espace de temps.

Le charbon supérieur (fig. 8) est suspendu, au moyen d'une corde enroulée sur l'arbre d'une lourde roue D, qui peut tourner facilement sur des pointes, mais qui est tenue immobile au moyen d'un frein C. Ce frein est relâché par un électro-aimant E, au moment où le régulateur envoie un courant dans cet électro. Comme la masse de la roue D est grande, l'accélération dans la première seconde est très faible, et la roue déclenchée commence à se mouvoir très lentement. Mais comme le courant qui traverse l'électro-aimant E est de très courte durée, le frein arrête de suite le mouvement de la roue, et la force vive qu'elle a acquise est annulée. Si ce premier mouvement n'a pas suffi pour le réglage, une autre impulsion, envoyée par le régulateur, fait encore avancer la roue, et ainsi de suite.

La théorie de cet amortisseur est bien simple. Appelons :

m un élément de masse de la roue,
r sa distance du centre de rotation,
φ son accélération angulaire,
C le couple de forces produit sur l'arbre de la roue par le poids suspendu du porte-charbon,

$$C = \sum m r^2 \varphi = \varphi \sum (m r^2)$$

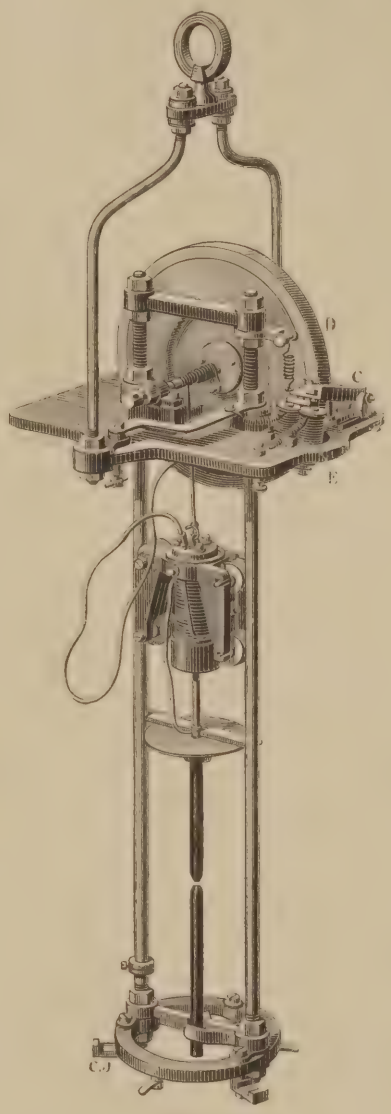


FIG. I

Le couple de forces appliqué est donc égal au produit de l'accélération angulaire φ par le moment d'inertie de la roue $\sum (m r^2)$. Or, comme C est constant (ou à peu près constant, à cause de la légère diminution de poids par la combustion du charbon), le produit de φ par le moment d'inertie doit rester constant, et en augmentant ou diminuant la masse de la roue, et en changeant la dis-

tribution de cette masse, on peut arriver à donner à φ telle valeur que l'on veut, et à l'approprier aux besoins du réglage.

Le frein qui retient la roue et produit le déclenchement est représenté par la figure 2. C'est un frein par coincement. Les deux branches du frein C en métal dur, mordent sur le rebord en bronze de la roue D. C'est le ressort *r* qui produit l'embrayage, tandis que l'électro-aimant E agit en sens inverse. Pour que les inégalités dans l'épaisseur de la roue D n'aient pas une influence sur l'inclinaison du frein, les mâchoires du frein peuvent glisser librement dans les deux sens.

Le fonctionnement de cette lampe est très régulier.

Une autre disposition nouvelle était la lampe de

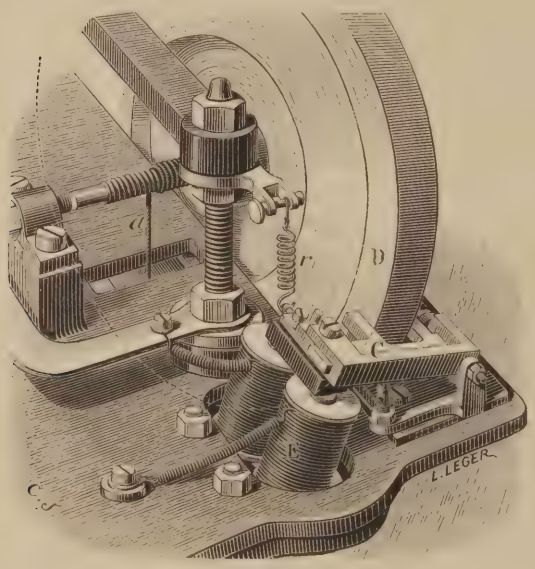


FIG. 2

M. Clostermann dont le principe est représenté par la figure 3. Dans cette lampe, le charbon supérieur, qui tend à tomber par son poids sur l'inférieur, est retenu par un frein à galets E commandé par l'électro A. Il peut en outre, s'avancer progressivement sous l'influence d'un système de roues CG commandées par l'armature d'un second électro N.

Le fonctionnement de la lampe est le suivant : le courant entre par la borne de gauche, qui est isolée, il traverse la résistance M, l'électro A, la colonne de gauche, arrive au ressort D que la pièce S met à ce moment en communication avec le ressort D'. Le courant arrive par ce dernier au bâti et sort par la borne de droite non isolée. Le résultat de la route ainsi suivie est que A attire son armature, écarte le frein E et laisse tomber le charbon supérieur sur le charbon inférieur. Le courant passe alors de M dans le porte-charbon et retourne au massif en traversant l'électro BB. Ce dernier, en attirant son armature, produit deux effets : il écarte les charbons et, par le déplacement de la pièce S, rompt le contact en DD', de sorte que le courant ne peut plus passer par A. A partir de ce moment, l'arc est réglé par le jeu de

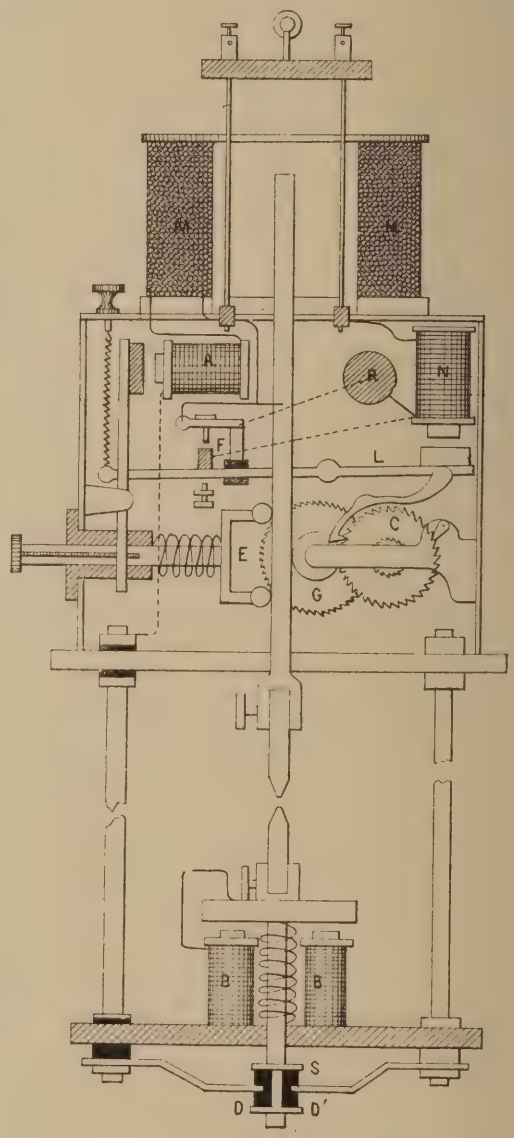


FIG. 3

l'électro N, mis en dérivation sur les charbons, puisqu'il communique d'une part avec le bâti, d'autre part, avec le porte-charbon supérieur par l'intermédiaire de la résistance R. Le levier L qui porte l'armature de N est normalement relevé par un ressort de manière à produire un contact en F et à établir un court circuit qui élimine la résistance R; quand l'arc devient trop grand, le cou-

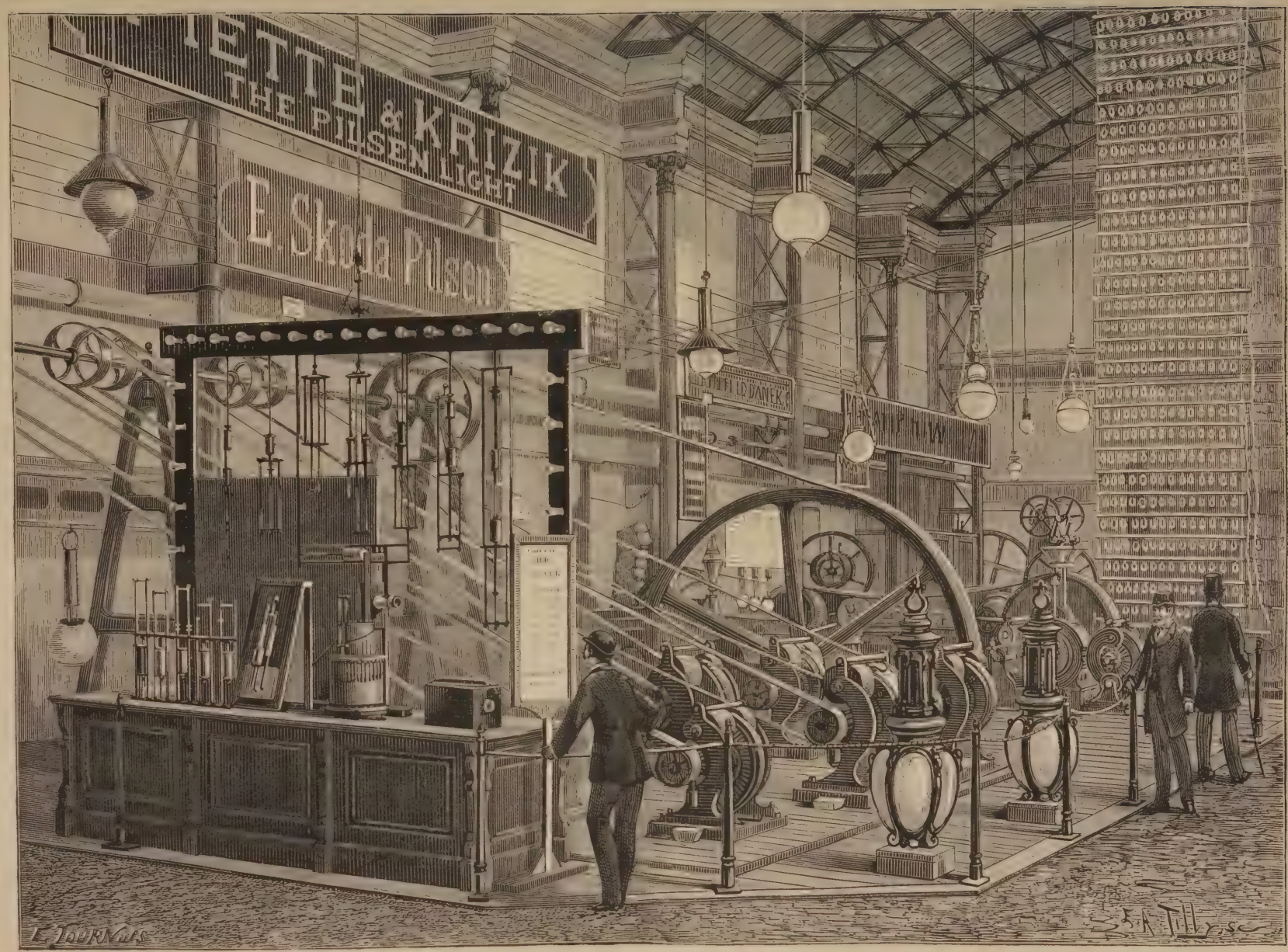


FIG. 4. — INSTALLATION DE MM. PIETTE ET KRIZIK A L'EXPOSITION DE VIENNE

rant augmente en N, l'armature est attirée et le contact en F se trouve rompu. L'introduction de la résistance K qui résulte de cette rupture affaiblit N, l'armature s'abaisse de nouveau et rétablit le contact en F. L'électro N reprend alors sa force

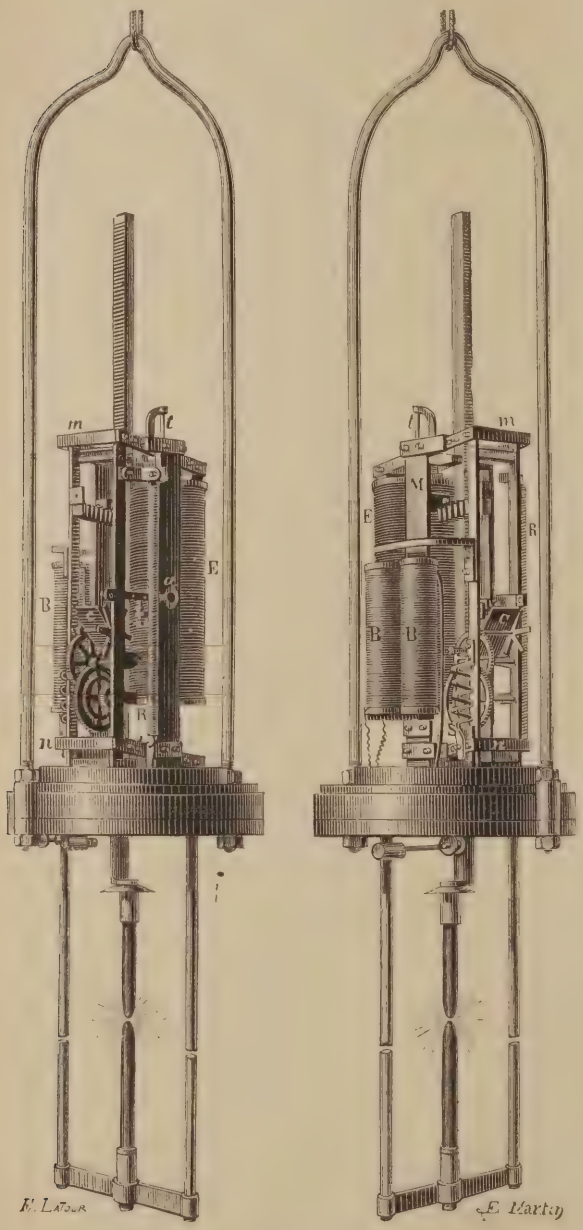


FIG. 5 ET 6

primitive et l'armature est de nouveau attirée. Le même jeu se reproduisant plusieurs fois de suite, il en résulte une série de mouvements imprimés au cliquet fixé à L, et les roues CG font avancer le charbon supérieur de la quantité nécessaire pour rétablir l'équilibre entre la force de N et le ressort antagoniste.

La lampe Zipernowski, exposée par la maison Ganz et Cᵉ de Budapest, rentre dans la catégorie des lampes à défilement de rouages. Les figures 5

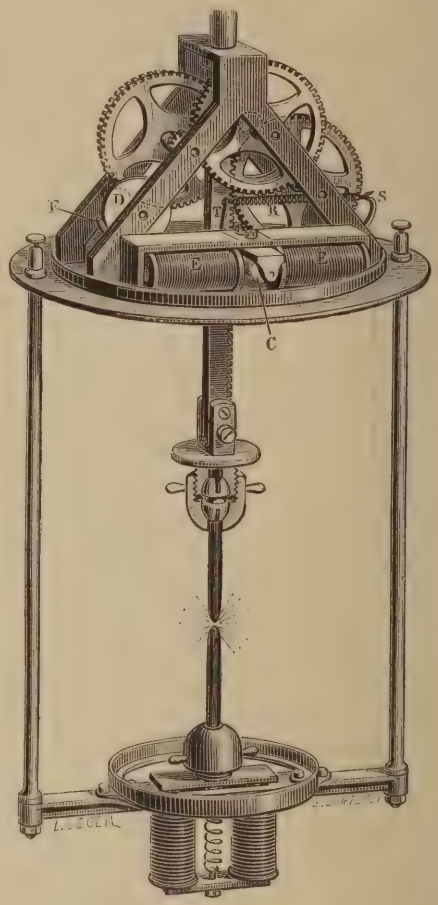


FIG. 7

et 6 la représentent vue de deux côtés différents. La crémaillère qui porte le charbon supérieur sert de moteur au rouage monté dans un parallélo-

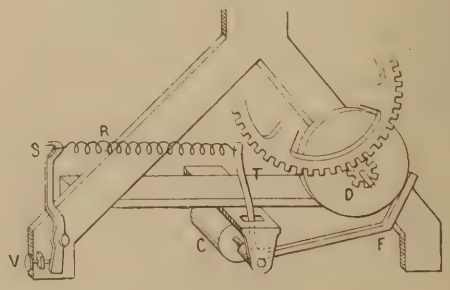


FIG. 8

gramme mobile. Ce parallélogramme, oscillant sur les colonnes M, a pour grands côtés, d'une part le cadre *m n*, de l'autre le noyau du solénoïde régula-

teur E monté en dérivation sur l'arc. Un ressort de réglage R agit dans le même sens que l'attraction du solénoïde et tend à abaisser le charbon supérieur.

Cette action est contrebalancée par le poids même du noyau du solénoïde qui tend, lui, à relever le rouage. Sous l'influence de ce poids, le rouage est tout d'abord relevé, et le levier *a* embraye l'étoile qui en forme le dernier mobile; la crémaillère ne peut donc descendre et les charbons sont écartés. Quand le courant est établi, il passe, par suite, tout d'abord dans le solénoïde E; celui-ci attirant son noyau de bas en haut abaisse le rouage et amène les charbons au contact. Mais alors le courant devient très faible en E, le rouage se relève et l'écart se produit. Lorsqu'ensuite l'arc devient trop grand, l'intensité en E augmente, l'attraction du noyau abaisse la partie *m n* du parallélogramme, le levier d'embrayage *a* rencontre alors une pièce fixe qui le soulève et dégage l'étoile : le rouage, dont la vitesse est modérée par l'ailette *c*, laisse défiler lentement le charbon supérieur, jusqu'à ce que l'arc ait repris sa longueur normale et que l'étoile soit arrêtée de nouveau. Lorsqu'il arrive que les charbons sont complètement brûlés, l'arc s'interrompt; dans ce cas le courant se trouve lancé dans un électro B B en dérivation sur les charbons. Ce dernier attirant son armature abaisse le rouage et, appliquant le ressort S contre la base de la lampe, établit un court circuit par lequel le courant peut passer. Pour que les mouvements du noyau ne soient pas trop brusques, ce dernier est terminé par un tube en cuivre dans lequel se trouve un petit piston fixé à une tige *t*. On constitue ainsi une petite pompe à air qui joue le rôle d'amortisseur.

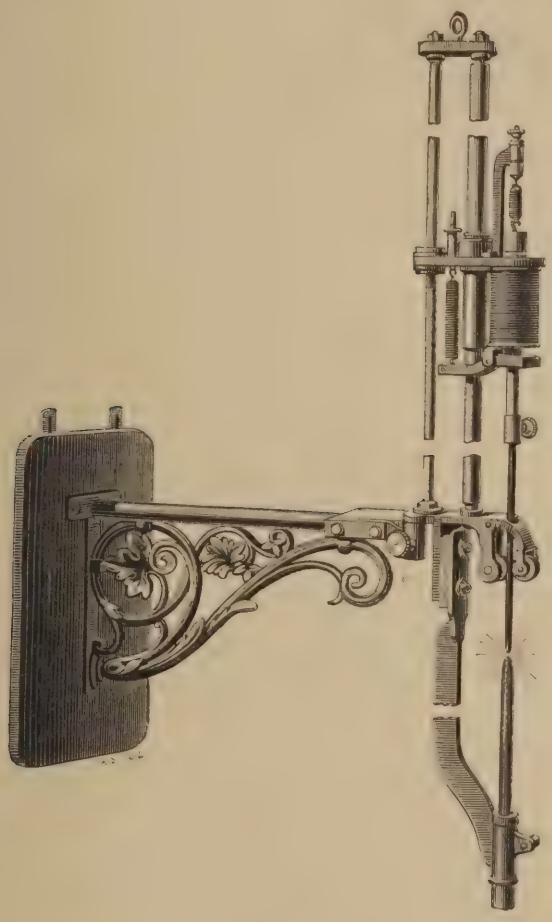


FIG. 9

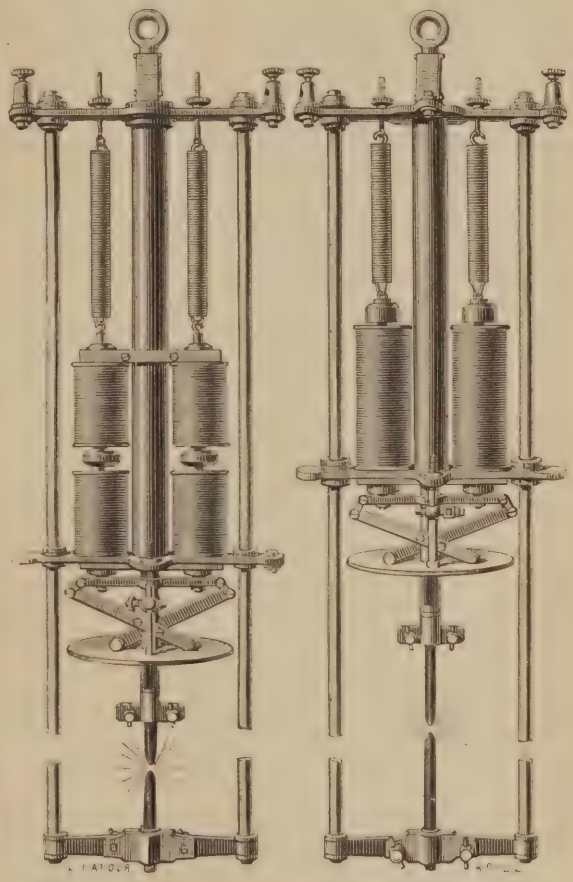


FIG. 10 ET 11

La lampe Gravier (fig. 7 et 8) repose encore sur le même principe du défilement de rouages ayant pour moteur le poids de la crémaillère qui porte le charbon supérieur. Les charbons sont d'abord au contact; dès que le courant passe, il traverse un électro-aimant BB, dont l'armature porte le charbon inférieur; celle-ci est attirée et produit l'écart. Le réglage de l'arc se fait ensuite au moyen d'une double paire d'électros EE mon-

tée en dérivation de l'arc. Entre les pôles de ces électros, se trouve un cylindre de fer, que l'auteur appelle *cylindre à molécules orientées* et dans lequel la matière magnétique est distribuée d'une façon régulière, mais non homogène. Ce cylindre est obtenu en plaçant verticalement entre deux puissants pôles d'aimant un moule cylindrique de carton ou de cuivre mince rempli de limaille de fer. Quand les parcelles de limaille se sont orientées sous l'influence des pôles, on coule dans le moule de la paraffine ou un alliage facilement fusible. On obtient ainsi un cylindre dans lequel les

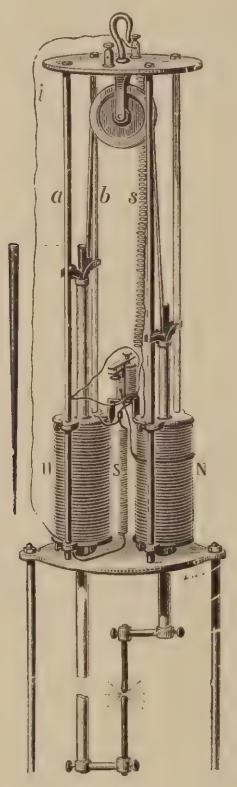


FIG. 12

parties magnétiques sont distribuées d'une façon spéciale et qui équivaut par le fait à une excentrique en fer. L'axe de ce cylindre porte le doigt F destiné à embrayer le disque D qui forme le dernier mobile du rouage et, pour la longueur normale de l'arc, le doigt, réglé par le ressort R, la tige T et la vis V, embraye le rouage. Si la longueur de l'arc augmente, la puissance des électros E augmente en même temps et le cylindre tourne de façon que le doigt F dégage le disque et permet au rouage de laisser descendre un peu le charbon supérieur. La fig. 8, prise du côté opposé à celui où est vue la fig. 7, donne le détail de cet embrayage.

Parmi les lampes du même genre figurant à Vienne, nous citerons la lampe Bréguet déjà décrite dans *La Lumière Electrique* (n° du 27 janvier 1883) et la lampe De Puydt (*La Lumière Electrique*, n° du 26 janvier 1883).

La lampe Cance qui a été une des plus remarquées à Vienne a été également décrite en détail dans nos colonnes (n° du 29 septembre 1883).

La lampe de M. Lamberg, dans laquelle le rapprochement des charbons est, comme dans la précédente, produit au moyen de cordes et de poulies est très simple et peut être comprise sans figure. Le charbon supérieur suspendu par une corde à la gorge d'une large poulie, tend à la faire tourner en descendant sous l'influence de son poids et à faire monter en même temps le charbon inférieur dont la corde s'attache à une poulie de moindre diamètre montée sur le même axe que la première. Au-dessus de la grande poulie se trouve un solénoïde à deux enroulements inverses. Les charbons étant au contact le courant passe d'abord dans un des enroulements; le noyau du solénoïde attiré presse sur le côté de la poulie un frein à galet et la rotation de ce galet faisant tourner la poulie elle-même produit l'écart. Quand ensuite l'arc augmente de longueur le courant augmente dans le second enroulement et diminue la pression exercée par le noyau sur le frein de sorte que les charbons peuvent se rapprocher.

Dans la lampe Egger et Kremenesky, les deux charbons guidés par des poulies et des cordes tendent également à se rapprocher par le jeu de leur poids. Le charbon supérieur traverse les noyaux tubulaires de deux solénoïdes différentiels superposés comme dans la lampe Siemens. Le courant traverse d'abord le solénoïde supérieur et soulève son noyau ; le premier mouvement de celui-ci a pour effet de coincer le porte-charbon dans un embrayage et l'enlève avec lui ce qui produit l'écart. Quand l'arc devient trop grand le courant augmente dans le solénoïde inférieur, monté en dérivation sur l'arc, et l'élévation du noyau de celui-ci dégage le coinçage et permet au porte-charbon de descendre jusqu'à ce que l'arc ait repris sa longueur normale.

La lampe à glissière de M. Gérard (fig. 9), se compose de deux tiges verticales le long desquelles peut descendre, sous l'influence de son propre poids, un électro-aimant à noyau tubulaire. A la partie supérieure de cet électro se trouve un cylindre de fer qui supporte le charbon supérieur. A la partie inférieure une seconde armature forme l'un des bras d'un levier faisant frein sur la tige. Quand on fait l'allumage, les charbons ne doivent pas se toucher. L'électro étant en dérivation sur l'arc, le courant le traverse d'abord, et les armatures sont attirées : celle d'en haut abaisse légèrement le charbon, celle d'en bas dégage le frein et permet à l'électro de descendre. Les charbons se touchant alors, il ne passe presque plus de courant dans

l'électro; l'armature d'en bas, abaissée par son ressort antagoniste, laisse le frein serrer la tige; celle d'en haut permet au ressort auquel elle est fixée de la relever en même temps que le charbon supérieur, ce qui produit l'écart. Les allongements de l'arc déterminent ensuite un jeu analogue qui laisse peu à peu descendre l'électro et son charbon.

M. Gérard avait également exposé une lampe pour courants alternatifs (fig. 10). Dans cette lampe,

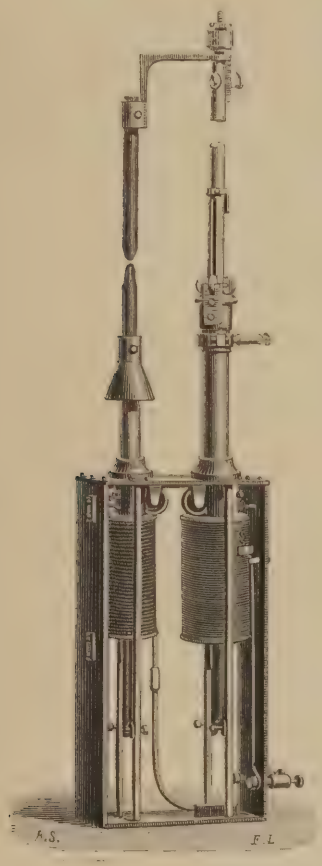


FIG. 13

le porte-charbon supérieur tend à descendre par son propre poids; il est coincé par un embrayage en forme d'X, fixé d'une part à une plate-forme et de l'autre à deux tiges traversant les noyaux creux de deux électros en dérivation sur l'arc. Ces deux tiges portent les armatures de ces électros et tendent à être soulevées par deux ressorts à boudin, ce qui coince le porte-charbon entre les goupilles que portent les deux bras de l'X. Les charbons étant écartés, si on fait passer le courant, les armatures sont attirées, l'X s'ouvre et laisse tomber le charbon supérieur jusqu'à ce qu'il vienne en contact avec l'autre; le courant ne passe alors qu'en faible quantité dans les électros, les ressorts relèvent les bras de l'X et avec eux le charbon supérieur, ce qui produit l'écart. Quand l'arc devient trop grand, l'attraction des armatures se produit de nouveau et détermine le rapprochement. Pour ralentir la descente du porte-charbon, sa partie supérieure se termine par un piston qui frotte légèrement dans un tube qui l'entoure et fait ainsi amortisseur.

Cette lampe a été transformée par son auteur en une lampe différentielle (fig. 11). Dans ce nouveau modèle, lequel diffère très peu du précédent, les ar-

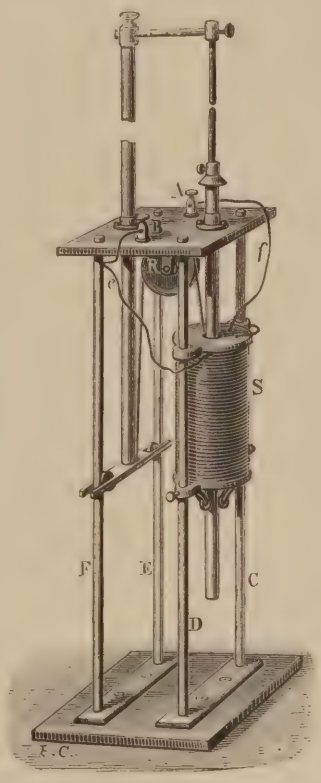


FIG. 11

matures se meuvent entre deux électros; les électros supérieurs sont dans le circuit principal, les autres en dérivation. Le jeu de la lampe se comprend de soi-même, mais il faut remarquer qu'avec cette disposition il est indifférent, au moment de l'allumage, que les charbons se touchent ou ne se touchent pas. Dans le premier cas l'écart est produit par les électros d'en haut, dans le second par ceux d'en bas.

Nous terminerons cette revue des lampes à arc en décrivant quelques-uns des types de lampes exposés par la maison Piette et Krizik.

La lampe Piette et Krizik, appelée aussi lampe Pilsen, est à notre avis la plus intéressante des lampes à arc actuelles. Nous avons entendu exprimer cette opinion que la lampe Pilsen n'était qu'une

contrefaçon de la lampe différentielle de Siemens, parce qu'elle contient, comme cette dernière, deux bobines différentielles. C'est là, selon nous, une erreur. Ce qui constitue l'originalité de la lampe Piette et Krizik, ce n'est ni l'emploi du système différentiel qui appartient à Lacassagne et Thiers, ni la suppression de tout déclenchement de rouages qui est connu depuis Staite et Archereau, mais bien l'emploi de noyaux d'une forme spéciale, en raison de laquelle l'action des solénoïdes reste constante quelle que soit la position des noyaux. L'utilisation, avec ces noyaux de forme particulière, des deux autres principes dont nous parlions tout à l'heure, contribue à faire de cette lampe une des meilleures qui existent.

Nous ne nous étendrons pas en détail sur la lampe Pilsen. Son principe a été décrit à plusieurs reprises dans *La Lumière Electrique* (Voir les nos des 16 novembre 1881 et 11 août 1883). On se rappelle la première forme de cette lampe, dans laquelle les

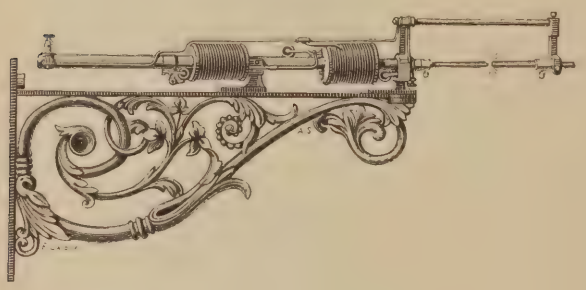


FIG. 15

deux bobines étaient disposées l'une au-dessus de l'autre comme dans la lampe différentielle de Siemens. Nous avons déjà indiqué une nouvelle disposition, dans laquelle le noyau biconique est divisé en deux moitiés et les deux bobines placées côte à côte. Nous avions donné de cette lampe dans le n° du 11 août 1883 un croquis schématique, mais une erreur de lignes s'est glissée dans ce dessin, et c'est pourquoi nous en donnons aujourd'hui, fig. 12, un nouveau dessin.

Des deux solénoïdes, l'un H est en gros fil de cuivre; l'autre N, en fil de maillechort, est divisé en deux parties, l'inférieure en fil fin, la supérieure en gros fil. Entre les deux solénoïdes se trouve un petit électro-aimant dont l'armature, lorsqu'il n'est pas traversé par le courant, ferme un contact de platine. Les charbons étant d'abord écartés, le courant entre par la borne non isolée, placée en avant sur la figure; il passe dans les deux tiges de droite et de là dans le gros fil de maillechort; il traverse ensuite le contact de platine du petit électro et va de là, à travers la spirale *s*, à la seconde borne qui est isolée. Par suite du passage du courant dans le fil de maillechort, les charbons se rapprochent, le courant peut alors prendre une autre route. Il passe de la borne non isolée, par les deux colonnes de droite, dans le porte-charbon supérieur, arrive au porte-charbon inférieur et passe de là dans la colonne isolée *a* par un des galets guides; de là il traverse le petit électro, entre dans le solénoïde H et en sort par le fil *i* pour arriver à la borne isolée. L'action du solénoïde *h* produit alors l'écart des charbons et détermine la formation de l'arc. D'autre part, l'armature du petit électro-aimant se trouvant attirée, le contact de platine est rompu et c'est le solénoïde N, tout entier, fil gros et fil fin, qui se trouve en dérivation sur les charbons, étant relié d'une part par la spirale *s* à la borne isolée et d'autre part au bâti de l'appareil. Les choses étant ainsi établies, le réglage de l'arc a lieu de la manière ordinaire. Quand les charbons sont complètement brûlés, le galet

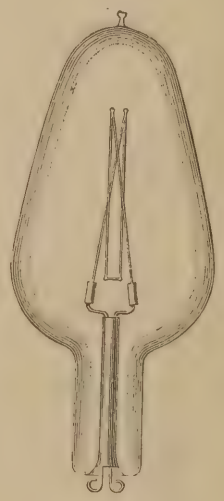


FIG. 16

du porte-charbon inférieur qui s'appuie contre la colonne isolée *a* rencontre une pièce isolante; le courant ne peut plus alors arriver dans le petit électro, le contact de platine est rétabli et le gros fil de maillechort de la bobine N se trouve seul dans le circuit dérivé. D'un autre côté, les charbons se trouvant remis au contact par suite de cette disposition, le courant principal arrive par le porte-charbon inférieur dans la colonne isolée *b* dans la résistance S, traverse le solénoïde H et se rend à la borne isolée par le fil *i*. De cette façon l'intensité du courant, dans les différentes parties de la lampe, se trouve réglée de façon que rien ne peut être endommagé.

Les figures qui suivent représentent différents autres modèles exposés par MM. Piette et Krizik. La fig. 13 représente un dispositif différentiel simple dans lequel les charbons sont placés au-dessus des solénoïdes régulateurs. La fig. 14 se rapporte à une lampe du même genre, mais dans

laquelle les deux fils sont enroulés sur la même bobine S. Enfin, la fig. 15 représente un dispositif différentiel horizontal dans lequel l'action seule des solénoïdes produit les mouvements du charbon. Toutes ces lampes fonctionnent d'une façon analogue aux modèles qui ont été longuement décrits, soit dans cet article soit dans les précédents et les figures seules suffisent à les expliquer.

Quant aux lampes à incandescence, elles étaient fort nombreuses à Vienne, mais la plupart sont déjà connues et ont été décrites dans nos colonnes. La lampe Bernstein, en particulier, qui a fort attiré l'attention, a été l'objet d'un article étendu. Nous nous contenterons donc de signaler la lampe Gérard (fig. 16) particularisée par l'emploi de charbons formés par la réunion de tiges droites. Les détails les plus intéressants concernant ces lampes sont d'ailleurs les mesures que doit publier le comité d'essai, et que nous ferons connaître aussitôt qu'elles seront publiées.

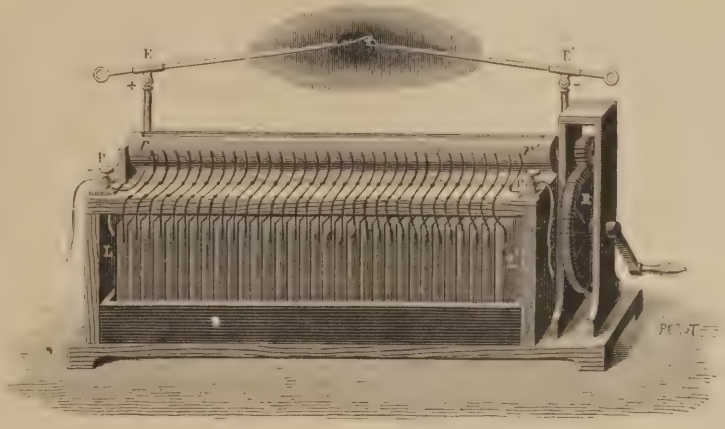


FIG. 17

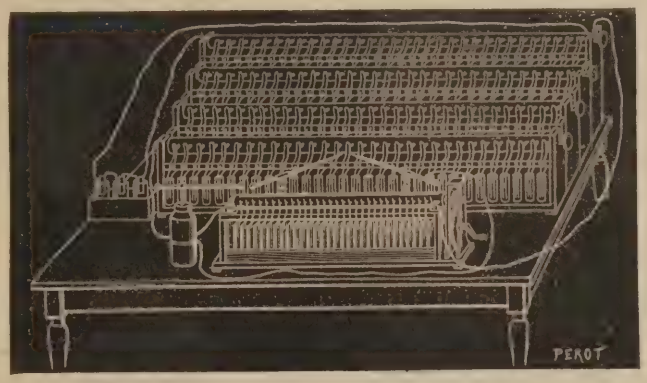


FIG. 18

Piles et accumulateurs électriques.

Les piles proprement dites, bien qu'en assez grand nombre à Vienne, présentaient peu de chose de particulier et n'étaient guère constituées que par des modèles connus depuis longtemps. Nous n'avons à signaler dans cet ordre d'idées que la pile De Lalande qui, d'ailleurs, a été décrite en détail dans *La Lumière Electrique*.

Nous aurons un peu plus à dire en ce qui concerne les accumulateurs.

M. Gaston Planté exposait une belle collection des appareils qu'il a fait connaître pour l'accumulation et la transformation de l'électricité voltaïque.

On y retrouvait son couple secondaire classique de 1860, accompagné de modèles propres à en démontrer le mode de construction et de *formation* électrochimique. La capacité d'un de ces couples bien *formés* était matériellement représentée par un échantillon de dépôt de cuivre galvanique produit dans un voltamètre, à l'aide d'une seule décharge, et pesant 19 grammes pour un kilogramme de plomb du couple secondaire, ce qui correspond à 57000 coulombs environ.

On remarquait une batterie de 6 couples illuminant trois lampes à incandescence, — un modèle de petite batterie de 20 couples se chargeant en quantité et se déchargeant en tension, du genre de celles qui ont servi à M. Planté pour ses expériences sur des courants électriques de haute tension, dont nous avons parlé précédemment [1], — une lanterne électrique portative ou lampe de mineur, composée de deux couples secondaires et d'une lampe à incandescence [2] — l'allumoir électrique formé d'un seul couple secondaire à lames de plomb, dit *briquet de Saturne*, — des échantillons de gravure sur verre par l'électricité, etc.

La *machine rhéostatique*, imaginée par M. Planté en 1877 (voir fig. 17), était représentée en fonction à l'Exposition de Vienne. Quatre petites batteries secondaires, composées chacune de 80 couples à fils de plomb, et comprenant en tout 320 couples, étaient entretenues en charge par 3 petits éléments à sulfate de cuivre placés auprès. (Voir fig. 18.)

Quand on mettait ces batteries en relation avec la machine rhéostatique, le courant se distribuait sur tous les condensateurs à lames de mica, et en mettant l'appareil en rotation, on obtenait une

(1) V. *La Lumière Electrique*, 29 septembre 1883, p. 139.
(2) V. *La Lumière Electrique*, 5 janvier 1884, p. 72.

série continue d'étincelles de 3 centimètres de longueur.

En approchant une jarre de Leyde de l'un des pôles de la machine, l'autre pôle étant en communication avec l'armature extérieure de la jarre, celle-ci se chargeait, et les étincelles étaient plus courtes, mais plus vives et plus bruyantes.

On eût pu vérifier ainsi l'un des curieux résultats décrits par M. Planté dans ses *Recherches sur l'électricité*, en constatant qu'après quelques secondes d'action de la pile primaire sur les batteries, on pouvait obtenir plus de dix mille étincelles de la machine rhéostatique.

On aurait pu aussi, en pesant le cuivre déposé dans la pile primaire pendant ces quelques secondes, constater que la production de ces milliers d'étincelles, faciles à compter par le nombre de tours du

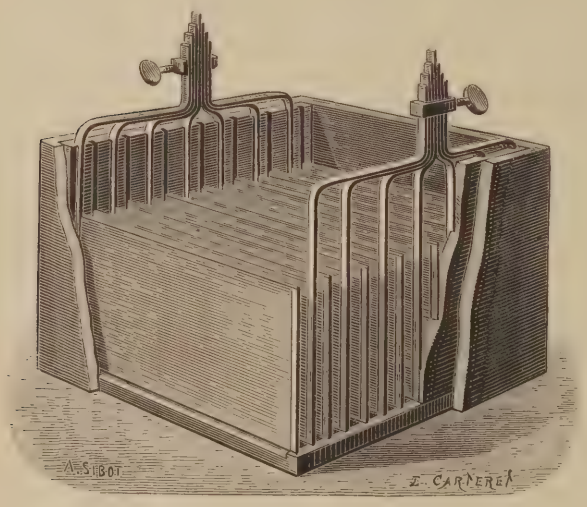


FIG. 19

commutateur de la machine, correspondait à la dépense de quelques milligrammes de zinc dans la pile [1], et que le moindre effet électrochimique pouvait être ainsi traduit d'une manière visible et mesuré en étincelles d'électricité statique.

Les résultats produits à l'aide d'une machine rhéostatique de plus grande dimension, étaient exposés sous forme de tableaux représentant les traces d'étincelles de 15 centimètres sur la fleur de soufre, avec leurs embranchements, leurs formes sinueuses ou en crochet, et des arborisations remarquables montrant les caractères particuliers de l'électricité positive et de l'électricité négative.

A côté des piles de M. Planté, il faut citer encore, outre les appareils bien connus de MM. Faure, Sellon et Volckmar, plusieurs modèles d'accumulateurs.

[1] *Recherches sur l'électricité*, § 300 et 301.

Dans ceux de MM. Arnould et Tamine (fig. 19), la formation se fait directement par le courant comme dans la pile Planté, mais les plaques sont formées de fils horizontaux réunis à leurs extrémités par une soudure autogène. Ces lames sont

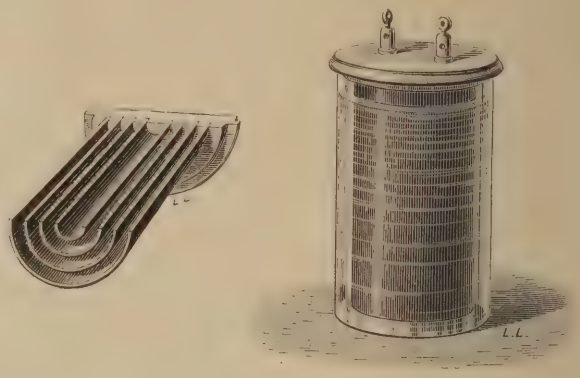


FIG. 20

tenues à distance soit en les encastrant aux extrémités de la cuve dans des rainures de bois paraffine, soit en les séparant par des baguettes également en bois paraffiné.

Dans l'*électrodock* de MM. Barrier et Tourvielle

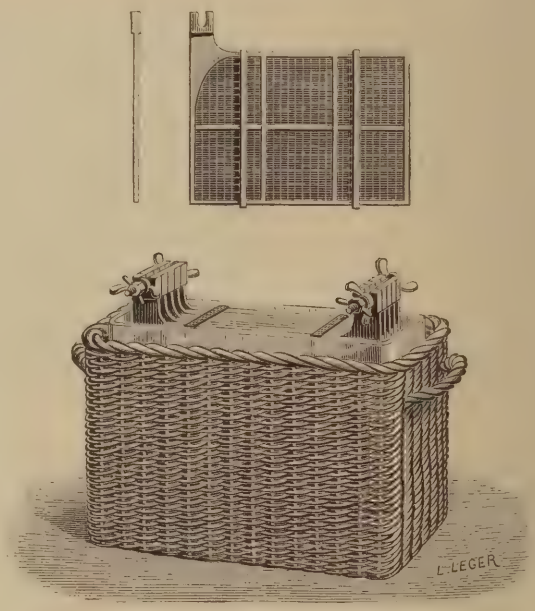


FIG. 21

(fig. 20), les lames sont formées par des tubes de plomb concentriques fixés dans un couvercle de bois. Ces tubes sont filetés intérieurement et extérieurement, et les rainures produites par ce filetage sont remplies d'un mastic spécial composé de litharge, de charbon en poudre et de permanganate de potasse; le tout est trituré, mélangé au tamis,

puis mêlé avec du glucose ou du sirop de sucre, de façon à en faire une pâte. Ce mélange forme un mastic très adhérent après comme avant l'action électrolytique.

Nous citerons encore les accumulateurs de M. Kornblüh (fig.21); les lames de ces appareils sont composées d'une grille de plomb à nervures entre lesquelles on comprime à la presse du minium préparé d'une façon spéciale qui constitue après 48 heures de formation une masse compacte avec le plomb.

Les queues des lames sont élargies de manière à se toucher tout en conservant la distance des lames, elles sont en outre échancrées de manière à laisser passage pour un écrou à oreilles, muni d'un contre-écrou, à l'aide duquel on les serre les unes contre les autres. Les lames proprement dites sont en outre tenues à distance par des bandes de caoutchouc. Les vases en verre sont placés dans des paniers en osier.

Mentionnons enfin les accumulateurs de M. de Kabath, ceux de M. de Calo, et l'accumulateur de M. Pieper. Des détails ont été déjà donnés sur ces appareils dans *La Lumière Electrique* (numéro du 13 octobre 1883).

AUG. GUEROUT.

REVUE DES TRAVAUX
RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Sur la conductibilité électrique des dissolutions salines très étendues, par M. E. Bouty (1).

« Dans une note antérieure, j'ai établi que l'équivalent de tous les sels neutres en dissolution très étendue possède la même conductibilité électrique. Les expériences avaient été réalisées à la température moyenne de l'air du laboratoire. Il restait à savoir si la même relation continuerait à se vérifier à des températures différentes.

« Pour m'en assurer, j'ai comparé la conductibilité électrique de dissolutions identiques d'un même sel maintenues à des températures différentes, qui ont varié arbitrairement de 2° à 44°, et j'ai déterminé la loi de la variation de la conductibilité avec la température. Voici les résultats que j'ai obtenus :

« 1° La conductibilité électrique d'un sel neutre en dissolution très étendue croît proportionnellement à l'élévation de la température, d'après la formule

$$c_t = c_0 (1 + kt).$$

« 2° Le coefficient k est le même pour les sels neutres (1). On s'en convaincra par l'examen du tableau suivant :

Nature du sel.	Proportion de sel.	k.	Nombre d'expériences
K Cl	$\frac{1}{200}$	0,0332	8
	$\frac{1}{1000}$	0,0340	1
	$\frac{1}{4000}$	0,0333	2
Az H^4 Cl	$\frac{1}{200}$	0,0354	4
KO, SO^3	»	0,0319	3
KO, Cr O^3	»	0,0326	4
KO, Az O^5	»	0,0343	3
Pb O, Az O^5	»	0,0358	3
Ag O, Az O^5	»	0,0320	3
Cu O, SO^3 + 5 H O	»	0,0338	4
Moyenne		0,033543	

« Ainsi la conductibilité de toutes les dissolutions étudiées est une même fonction de la température. Le rapport de ces conductibilités demeure donc invariable quand la température change, et la loi des équivalents, établie vers 15°, est exacte à toute autre température.

« Ce résultat était, *a priori*, assez vraisemblable. Mais les expériences actuelles tirent un intérêt particulier de la valeur numérique trouvée pour le coefficient k de variation de la conductibilité avec la température.

« M. Grossmann (2) a déduit des expériences de MM. Kohlrausch et Grotrian sur la conductibilité de divers chlorures et du sulfate de zinc en dissolution dans l'eau, et de celles de M. Grotrian sur le frottement intérieur des mêmes dissolutions, une loi dont voici l'énoncé : *Le produit de la conductibilité électrique par le frottement intérieur est, pour un même sel, au même état de dilution, indépendant de la température.* Pour les dilutions extrêmes que j'emploie, cet énoncé devient : *Le produit de la conductibilité électrique d'une dissolution saline par le frottement intérieur de l'eau est indépendant de la température*, ou, ce qui revient au même, *La conductibilité électrique varie proportionnellement à la quantité d'eau qui s'écoule dans un même temps à travers un même tube capillaire aux diverses températures et sous une même pression.*

« D'après Poiseuille (3), cette quantité d'eau varie proportionnellement au trinôme

$$(1) \qquad 1 + 0{,}0336793\,t + 0{,}0002099361\,t^2,$$

(1) Note présentée à l'Académie des sciences dans la séance du 11 février 1884.

(1) M. F. Kohlrausch (*Wied. Ann.*, VI, p. 191 et suiv.) avait déjà observé que la variation de la conductibilité électrique avec la température est sensiblement la même pour un grand nombre de sels neutres en dissolution étendue. La plus faible concentration qu'il ait employée est $\frac{1}{20}$. La loi n'est rigoureusement exacte que pour des dilutions bien plus grandes.

(2) Grossmann, *Wied. Ann.*, t. XVIII, p. 119.

(3) Poiseuille, *Mémoire des savants étrangers*, t. XI, p. 433. Voir aussi le *Rapport* de Regnault sur le Mémoire de Poiseuille (*Annales de Ch. et de Phys.*, 3e série, t. VII, p. 50).

tandis que, d'après l'ensemble de mes expériences, la conductibilité de dissolutions salines étendues varie proportionnellement au binôme

$$(2) \qquad 1 + 0{,}033543t$$

Les limites de températures des expériences de Poiseuille et des miennes sont très sensiblement les mêmes.

« Il est impossible de ne pas être frappé de l'identité presque absolue du coefficient des termes en t dans les formules (1) et (2); mais la formule de la conductibilité est plus simple : elle n'admet pas de termes en t^2. La moyenne des meilleures expériences effectuées d'une part entre 2° et 24°, d'autre part entre 2° et 44°, me donne, en effet :

De 2° à 24°. . . . . $k = 0{,}034022$
De 2° à 44°. . . . . $k = 0{,}033838$

nombres identiques à $\frac{1}{150}$ près. Le *frottement électrolytique*, auquel il faut attribuer la résistance électrique, est donc un phénomène de même nature, mais un peu plus simple que le frottement intérieur, tel qu'il est évalué par le moyen des tubes capillaires. L'action de la paroi des tubes doit, en effet, introduire des complications particulières.

« On sait que l'électrolyse des dissolutions salines s'accompagne du transport d'une certaine quantité d'eau, effectué dans le sens du courant. On peut imaginer que les molécules électrolytiques entraînent chacune une petite atmosphère d'eau, qui doit se déplacer avec elles au sein de la masse liquide immobile; il en résulte un frottement qui, dans le cas limité où je me suis placé, est celui de l'eau sur elle-même. Tel serait, dans ce cas, le mécanisme très simple de la résistance électrique des dissolutions salines étendues. Celle-ci ne dépendrait que du coefficient de frottement de l'eau et du nombre de molécules d'eau entraînées par les éléments d'une molécule de sel. La loi des équivalents, que j'ai énoncée, signifierait que, dans les dissolutions très étendues, le nombre des molécules d'eau entraînées par une molécule des divers sels neutres est invariable.

Sur la loi de Joule, par M. P. Garbe [1].

« Au cours d'un travail que j'ai entrepris sur la relation qui existe entre la nature des radiations émises par les lampes à incandescence et l'énergie rayonnée par ces lampes, j'ai été amené à la vérification de la loi de Joule dans le cas des corps incandescents, et, quoique l'exactitude de cette loi ne paraisse pas devoir être mise en doute, les résultats auxquels je suis arrivé sont assez nets pour que je demande à l'Académie la permission de les lui présenter.

« La manière la plus directe de mesurer l'énergie rayonnée par une pareille lampe est de la plonger dans un calorimètre et de mesurer l'échauffement qu'elle y produit; mais les déterminations calorimétriques seraient tellement délicates et incommodes que je préférai leur substituer la mesure électrique de l'énergie dépensée, par la détermination de l'intensité du courant et de la différence des potentiels aux bornes de la lampe. Toutefois, avant de faire cette substitution, je tenais à m'assurer que les nombres absolus fournis par les appareils dans ces deux modes de détermination étaient concordants, et, en second lieu, que la loi de Joule s'appliquait aux températures si élevées auxquelles le charbon se trouve porté.

« Je me suis servi du calorimètre de M. Berthelot. Deux thermomètres, donnant le $\frac{1}{50}$ de degré par divisions de 1^{mm} environ, plongent, l'un dans l'enceinte extérieure, l'autre dans le calorimètre par l'ouverture rectangulaire du couvercle. La lampe à incandescence est suspendue au sein du liquide par deux gros fils de cuivre recouverts de gutta, qui traversent côte à côte les ouvertures centrales des couvercles et viennent plonger à leur sortie dans deux godets A, B remplis de mercure, où aboutissent également les fils de l'électromètre. Deux autres godets, situés en face des premiers, reçoivent les fils qui amènent le courant et qui sont assez gros pour ne pas s'échauffer pendant l'expérience.

« La mesure de l'intensité se faisait au moyen d'un galvanomètre de Weber, muni d'un shunt au $\frac{1}{100}$ environ, et mis en dérivation sur le courant principal. Ce galvanomètre, muni du shunt, avait été gradué en ampères par la décomposition du sulfate de cuivre, en partant des données de M. Mascart.

« N'ayant pas à ma disposition d'électromètre Thomson, j'ai construit un électromètre ordinaire de M. Lippmann, dont j'ai déterminé la courbe. Au moyen d'éléments Daniell mis en opposition et d'un commutateur, j'obtenais la différence de potentiel entre A et B par une indication de l'électromètre inférieure à $0^d,5$. La force électromotrice d'opposition de ces daniells fut déterminée, au moyen du galvanomètre précédent, par la méthode indiquée par M. Crova [1].

« La mesure des différences de potentiel en A et B, pendant la marche de la lampe, doit être faite avec soin. On sait, en effet, que la résistance du

[1] Note présentée à l'Académie des sciences dans la séance du 11 février 1884.

[1] *Journal de Physique*, t. III, p. 278.

charbo diminue rapidement à mesure que sa température s'élève, à tel point que, dans la lampe Maxim qui a servi à mes expériences, cette résistance qui, à froid, est de $5^{ohms},4$, n'est plus que de 3^{ohms} pour une intensité du courant égale à $2^{amp},4$.

« Une première détermination, faite avec environ 600^{gr} d'eau distillée dans le calorimètre, m'a donné :

Intensité en ampères	Travail électrique dépensé en 10^m	Chaleur reçue par le calorimètre en 10^m
0,926	$430^{cal},94$	$530^{cal},71$

l'équivalent mécanique de la chaleur étant pris égal à 0,428.

« La concordance de ces nombres est parfaite et même inespérée; car, bien que les conditions calorimétriques fussent excellentes, l'erreur possible de $\frac{1}{200}$ de degré changerait de 3 unités le nombre de calories dégagées.

« M'étant aperçu que, pour de fortes intensités, des traces d'électrolyse se manifestaient entre les fils, rapprochés de la lampe; n'ayant plus, d'ailleurs, pour la vérification de la loi de Joule, à faire de mesures absolues, je remplaçai l'eau par de l'alcool à 95°. A ce titre, l'alcool, tout en isolant parfaitement, n'est pas assez hygrométrique pour troubler les expériences. D'ailleurs, le calorimètre avait été fermé, et cette condition est indispensable si l'on veut que les radiations de toute nature, émises par le charbon incandescent, soient retenues dans l'appareil.

« D'après la nature du phénomène calorifique à mesurer, il semblait naturel d'appliquer la méthode de compensation de Rumford; mais je n'ai pas tardé à m'apercevoir, ainsi que l'a montré M. Berthelot, que, même dans le cas actuel, ce mode de correction est illusoire. En se plaçant, au contraire, dans les conditions indiquées par M. Berthelot et en ayant soin que l'élévation de température du calorimètre ne dépasse pas 2°, la correction du rayonnement est insignifiante et le seul refroidissement qu'éprouve l'appareil est dû à l'évaporation de l'alcool. Aussi la chute de température, à la fin d'une expérience, ne dépassait-elle jamais $0^{\circ},006$ à la minute.

« Le tableau suivant donne les résultats obtenus :

Déviation du galvanomètre $= \delta$	Différence de potentiel en daniells $= e$	Élévation de température rapportée à 10^m de passage $= \theta$	Rapport $\frac{\delta e}{\theta}$
39	1,49	0,323	179,9
140,5	4,083	3,189	179,8
187,8	5,228	5,43	180,8
231,4	6,25	8,02	180,3

« Si l'on se reporte aux nombres donnés par Lenz, on voit qu'ils présentent entre leurs extrêmes une différence de $\frac{1}{11}$ environ de leur valeur, quoique cependant les fils, s'échauffant peu, restassent presque identiques à eux-mêmes, tant au point de vue de leur structure que de la nature des radiations qu'ils émettaient. La vérification actuelle ne paraîtra donc pas sans intérêt, si l'on remarque que la température du charbon a varié depuis les températures ordinaires jusqu'à celles où son rayonnement est voisin de celui de la lampe Carcel, ainsi que je l'ai reconnu par la comparaison de ces deux sources au spectrophotomètre. »

Sur la distribution du potentiel dans une masse liquide ayant la forme d'un prisme rectangulaire indéfini; par MM. Appell et Chervet (1).

« Soit une masse liquide indéfinie ayant la forme d'un prisme droit à base rectangle; si l'on place en deux points de cette masse les deux électrodes d'une pile, un régime permanent s'établit et le prisme devient le siège d'un courant constant. Appelons V (x, y, z) le potentiel en un point de coordonnées x, y, z situé à l'intérieur du prisme, potentiel que l'on peut mesurer en reliant ce point par un fil avec un électroscope isolé. D'après l'hypothèse de M. Kirchhoff, rappelée dans le *Traité d'électricité* de MM. Mascart et Joubert, p. 218 et 230, nous admettrons que la quantité d'électricité qui, dans l'unité de temps, traverse un élément de surface dS, situé dans l'intérieur du prisme, est proportionnelle à $-\frac{\delta V}{\delta n} dS$, $\frac{\delta V}{\delta n}$ désignant la dérivée de V prise suivant la normale à dS. Les conditions analytiques auxquelles est assujettie cette fonction V (x, y, z) sont les suivantes : dans l'intérieur de la masse liquide, elle vérifie l'équation $\Delta V = 0$ qui joue ici le rôle de l'équation de continuité en hydrodynamique; de plus, les surfaces de niveau $V = \text{const.}$ sont normales aux parois et, parmi ces surfaces, se trouvent celles des deux électrodes. Nous nous proposons, dans cette Note, de donner l'expression analytique de cette fonction V : c'est à cette expression qu'il est fait allusion au commencement de la Note que M. Appell a présentée à l'Académie dans l'avant-dernière séance.

« Rapportons le prisme considéré à trois axes rectangulaires Ox, Oy, Oz, choisis de telle façon que les quatre faces du prisme aient pour équations respectives

$$x = \frac{a}{2},\ x = -\frac{a}{2},\ y = 0,\ y = \frac{b}{2};$$

les deux électrodes sur la surface desquels le po-

(1) Note présentée à l'Académie des sciences, dans la séance du 11 février 1884.

tentiel a des valeurs constantes $+V_0$ et $-V_0$ sont situés l'un à l'origine des coordonnées, l'autre au point $x=0, y=\frac{b}{2}, z=0$; ces électrodes sont supposés avoir la forme de sphères de rayon très petit par rapport aux dimensions du prisme.

« En nous appuyant sur le principe des images, nous sommes conduits, pour la fonction V, à l'expression suivante, que nous vérifierons ensuite. Si nous supposons l'espace indéfini rempli de la substance conductrice et, dans le plan $z=0$, une infinité d'électrodes positifs de potentiel $+V_0$ aux points de coordonnées $x=ma$, $y=2p\frac{b}{2}$, puis une infinité d'électrodes négatifs de potentiel $-V_0$ aux points $x=ma$, $y=(2p+1)\frac{b}{2}$ (m et p étant des entiers quelconques positifs, négatifs ou nuls), la valeur du potentiel en chaque point du prisme sera la même que si le prisme était considéré seul avec ses deux électrodes; par suite, en posant

$$R_{m,n}=+\sqrt{(x-ma)^2+\left(y-n\frac{b}{2}\right)^2+z^2},$$

l'expression de ce potentiel sera, à une constante près,

$$(1)\qquad V(x,y,z)=\sum_{m,p=-\infty}^{m,p=+\infty}\left(\frac{1}{R_{m,2p}}-\frac{1}{R_{m,2p+1}}\right),$$

formule analogue à celle qui a été donnée par M. Chervet dans sa Note du 24 septembre 1883. Cette série (1) peut être mise sous la forme de la différence de deux séries absolument convergentes. Pour le montrer, posons

$$r_{m,n}=+\sqrt{(x-ma)^2+(y-nb)^2+z^2},\quad \rho_{m,n}=+\sqrt{m^2a^2+n^2b^2},$$

et considérons la fonction

$$(2)\qquad \varphi(x,y,z)=\frac{1}{r_{0,0}}+\sum{}'\left(\frac{1}{r_{m,n}}-\frac{1}{\rho_{m,n}}-\frac{amx+bny}{\rho^3_{m,n}}\right),$$

où la somme Σ' est étendue à toutes les valeurs entières de m et n de $-\infty$ à $+\infty$, la combinaison $m=n=0$ étant exceptée. La convergence de cette série (2) se démontre par la méthode que M. Appell a employée à l'égard d'une série analogue dans sa Note du 5 février 1883. La fonction $\varphi(x, y, z)$ ainsi obtenue est paire par rapport à chacune des variables x, y, z; elle vérifie l'équation $\Delta\varphi=0$ et les deux relations

$$(3)\qquad \varphi(x+a,y,z)=\varphi(x,y+b,z)=\varphi(x,y,z).$$

« Le potentiel V est alors donné, à un facteur constant près, par la formule

$$(4)\qquad V(x,y,z)=\varphi(x,y,z)-\varphi\left(x,y+\frac{b}{2},z\right).$$

« On vérifie facilement, en s'appuyant sur les propriétés de la fonction $\varphi(x, y, z)$, que la fonction définie par l'équation (4) remplit toutes les conditions analytiques que nous avons rappelées et qui, comme il est connu, déterminent complètement le potentiel cherché. »

Sur les coups de foudre observés en France pendant le premier semestre de l'année 1883.

La Conférence internationale des unités électriques, réunie à Paris en octobre 1882, a exprimé le vœu qu'un système d'observation des effets produits par la foudre fût organisé dans les divers pays, et que l'on précisât la nature des éléments qui devraient être pris en considération dans l'étude des cas signalés. Suivant ces indications, il a été établi, par les soins des membres français de la Conférence, un modèle de questionnaire qui a été distribué, sur tous les points du territoire français, aux agents du ministère des postes et des télégraphes, ainsi qu'à ceux des autres départements ministériels et des Compagnies de chemins de fer qui ont bien voulu donner leur concours.

L'enquête, ouverte en janvier 1883, a porté jusqu'à ce jour sur plusieurs centaines de coups de foudre, sans parler des décharges observées sur les lignes télégraphiques qui ont été l'objet d'une étude distincte.

Conformément à un désir exprimé par M. Hervé Mangon, M. le ministre des postes et des télégraphes a fait établir pour l'année 1883 un relevé, par ordre chronologique, des coups observés en dehors des lignes télégraphiques, avec la statistique des personnes ou des animaux tués ou atteints, et l'indication sommaire des objets frappés et de la nature des dégâts produits.

La première partie de ce travail, embrassant la période du 1er janvier au 30 juin, a été communiquée à l'Académie dans la séance du 11 février 1884. Ce document est trop étendu pour que nous puissions le reproduire. Nous nous contenterons d'indiquer qu'on le trouvera dans les *Comptes Rendus* de l'Académie des sciences, à la date ci-dessus mentionnée.

Les expériences électro-acoustiques, du Dr V. Dvorak.

On se rappelle les belles expériences de Bjerknes et le retentissement qu'elles eurent à l'Exposition d'Electricité de Paris. Le savant norwégien offrait une nouvelle voie à la recherche scientifique; beaucoup d'esprits distingués l'ont suivie et nous nous sommes toujours attachés à tenir nos lecteurs au courant des efforts tentés par les uns et des solutions apportées par les autres. C'est d'Agram que nous viennent aujourd'hui les dernières nouvelles. Les expériences du Dr V. Dvorak diffèrent de celles de Bjerknes en ce que le milieu vibrant est l'air

atmosphérique et non plus une masse liquide; elles sont dirigées dans le but d'établir une analogie entre les actions aérodynamiques et les actions électrodynamiques et se rapprochent par conséquent beaucoup de celles de Stroh [1]. Nous les reproduisons d'après l'article publié dans le *Zeitschrift für Elektrotechnik*, numéro du 31 janvier 1884.

Avant d'entrer dans le détail des observations nous allons décrire rapidement l'appareil dont s'est

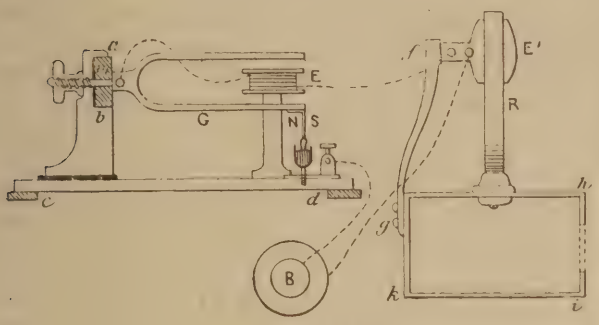


FIG. 1

servi M. Dvorak pour produire des vibrations continues, de façon à engendrer ce qu'on peut appeler par analogie un champ vibratoire.

L'appareil représenté dans son ensemble fig. 1, se divise en deux parties : l'interrupteur et la caisse sonore.

L'interrupteur est formé par un diapason G entre les branches duquel vient se placer un électro-ai-

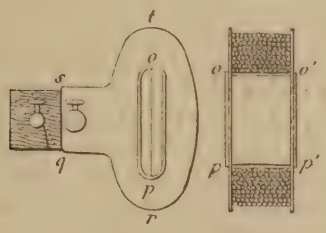


FIG. 2 a FIG. 2 b

mant E. Cet électro-aimant, dont les figures 2 *a* et 2 *b* donnent l'élévation et la coupe, consiste en un noyau de fer doux, composé de deux ou plusieurs lames *o*, *p*, *o'*, *p'*, isolées les unes des autres par des feuilles de papier et maintenues par deux plaques en laiton *s*, *t*, *q*, *r*, entre lesquelles on vient enrouler un fil de cuivre de 1^{mm} de diamètre.

Un électro-aimant E' semblable au précédent, mais plus puissant, se trouve également entre les branches du diapason R.

Cette question de l'électro aimant mérite qu'on s'arrête un instant dessus. Il est indispensable au point de vue de la netteté des expériences d'avoir des diapasons qui donnent des notes assez élevées. Dans ces conditions, un électro-aimant ordinaire avec une grande masse métallique est incapable d'assurer le jeu du diapason, attendu que les vibrations se succèdent trop rapidement pour que la désaimantation ait le temps de se produire. De là, la nécessité de former le noyau à l'aide de plusieurs lames isolées ; on pourrait aussi prendre un faisceau de fils de fer. En tout cas, le système précédemment décrit est bien meilleur que ceux employés jusqu'à ce jour pour les expériences de chronographe ou de télégraphe, dans lesquelles on fait usage d'un diapason monté d'une façon analogue.

Si nous nous reportons à la figure 1, nous voyons que le diapason G porte à l'extrémité de la branche N une tige S recourbée à angle droit et plongeant dans un godet qui renferme du mercure et par-dessus ce dernier métal une légère couche d'alcool. En B se trouvent trois éléments Bunsen et en un point quelconque du circuit un commutateur qui permet de fermer le circuit sur l'électro-aimant E' ou sur une résistance passive, de façon à éviter que le courant ne devienne trop énergique dans l'électro-aimant E.

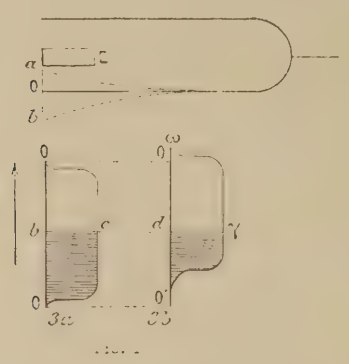
Le diapason G doit absorber le moins de travail possible puisqu'il est destiné tout simplement à interrompre le courant : il faut donc que par lui-même il vibre très longtemps et communique fort peu de vibrations aux pièces dont il est solidaire. On choisit à cet effet un diapason dont les branches sont rapprochées et la tige pesante : le poids de cette tige est d'ailleurs augmenté par une masse de plomb *m* (fig. 1) ; la tige est fixée sur un support de bois *a*, *b* qui repose sur un socle *c d* également en bois : ces deux pièces sont séparées par une cale en feutre. On s'assure avant le montage de l'appareil que la planche *c d* ne donne pas le même ton que le diapason ou un ton voisin : on augmente au besoin l'épaisseur de cette planche. Enfin l'ensemble est supporté par quatre grosses cales de feutre. Pour que l'appareil soit bien construit il faut que le diapason vibre presque aussi longtemps lorsqu'il fait corps avec le socle que lorsqu'il est tenu à la main : c'est ce qu'il est aisé de vérifier par une expérience préalable.

Les conditions sont renversées lorsque l'on passe au diapason R. Ici l'on s'attache surtout à avoir de fortes vibrations et à les transmettre au milieu ambiant. Les branches du diapason sont plus larges et l'écart entre ces branches plus considérable ce qui permet l'emploi d'un électro-aimant plus puissant E' que l'on fixe sur la caisse sonore au moyen d'un support en bois *f*, *g*. La caisse est percée à sa partie antérieure d'une ouverture *h*, *i* et l'ensemble du système est monté sur un pied qui s'assemble avec le bras *f*, *g*.

[1] *La Lumière Electrique*, vol. VI, p. 462.

On règle l'appareil en plaçant une pièce d'acier en forme d'U sur une des branches du diapason G et l'on promène ce cavalier en l'approchant ou en l'éloignant de l'extrémité de la branche jusqu'à ce que l'on ait obtenu le maximum d'effet pour le diapason R. On peut en même temps agir, dans une petite mesure, en élevant ou en abaissant le godet à mercure.

Il est intéressant de se rendre compte des actions



qui s'exercent entre un électro-aimant placé dans les conditions que nous venons de décrire et l'armature voisine, actions qui ont pour résultat de prolonger indéfiniment le mouvement vibratoire. M. Dvorak considère un point *o* (fig. 3) peu éloigné de l'extrémité du diapason qui oscille entre les limites *a* et *b*. Le courant est interrompu pendant la période O, *a*, O : l'électro-aimant demeure donc inactif pendant toute cette période. En O le courant se ferme : de O en *b* l'électro-aimant agit pour s'opposer au mouvement et de *b* en O au contraire dans le sens du mouvement. Si l'on développe le chemin parcouru O *b* O (fig. 3 *a*) et que l'on porte en ordonnées des longueurs proportionnelles aux actions attractives on obtient une courbe absolument symétrique par rapport à l'axe des *y* : la partie hachée représente l'action qui tend à con-

FIG. 4

trarier le mouvement et la partie en clair celle qui tend à le prolonger. Il est évident que si cette courbe était exacte l'action résultante de l'électro-aimant serait nulle mais la courbe est inexacte attendu qu'il n'a été tenu compte ni des extra-courants ni du contact imparfait qui se produit en O. Les extra-courants jouent un rôle prépondérant dans cet appareil où le circuit est sans cesse fermé et ouvert : l'extra-courant de fermeture, inverse par rapport au courant principal, et l'extra-courant de rupture, direct par rapport à ce même courant, retardent le premier l'aimantation et le second la désaimantation du noyau de fer doux. Il en résulte que la courbe commence en O′ et finit en ω (fig. 3 *b*). La couche d'alcool dont on recouvre la surface de mercure a également pour effet de retarder la fermeture du circuit : elle agit donc dans le même sens que les extra-courants. La courbe est en réalité disymétrique par rapport à l'axe des *y* et il est évident que le travail dépensé à entretenir le mouvement est proportionnel à la différence des aires O′, *b*, γ, et ω, *b*, γ.

Nous avons cru devoir insister avec quelque détail sur ces considérations, qui tout en se rattachant aux expériences de M. Dvorak, présentent un caractère de généralité et peuvent trouver leur application dans des recherches d'un ordre différent. Il est certain que dans ces conditions, on dispose d'un champ vibratoire excessivement énergique.

Pour donner aux corps mis en expérience une grande mobilité, M. Dvorak fixait ces corps à l'une des extrémités d'une tige en bois (fig. 4) dont l'autre extrémité se trouvait munie d'un contrepoids *c*.

Au milieu de la tige était disposée une chape de verre *b*, à laquelle une pointe d'aiguille servait de

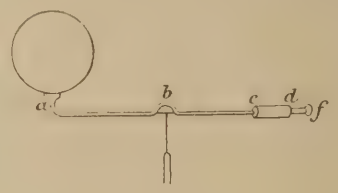


FIG. 5

pivot. On arrive ainsi à constater que les corps solides et en général tous les corps dont la densité est supérieure à celle de l'air sont attirés lorsqu'on les place devant le récepteur.

Pour les corps solides, l'expérience est facile à réaliser à l'aide de l'appareil représenté dans la figure 4. M. Dvorak a étendu ses expériences aux corps gazeux en faisant usage d'un tube de verre *a*, *b*, *c* (fig. 5) terminé par un court tuyau en caoutchouc *cd* et un bouchon en verre *f*.

On met l'orifice *d* en communication avec une source de gaz, après avoir plongé préalablement l'orifice *a* dans une dissolution de savon, et l'on obtient ainsi une bulle pleine du gaz avec lequel on se propose de faire l'expérience. On peut également employer un ballon en baudruche. L'expérience montre qu'il y a attraction pour l'acide carbonique et répulsion pour l'hydrogène; pour le gaz d'éclairage la répulsion se manifeste encore, mais moins énergique; le ballon rempli d'air pur est attiré, mais faiblement, l'attraction peut d'ailleurs dans ce dernier cas être attribuée à la den-

sité de l'enveloppe qui est supérieure à celle de l'air.

Ces phénomènes ont évidemment une grande analogie avec les actions exercées par un pôle d'aimant sur les corps magnétiques et diamagnétiques, comme l'a justement observé M. Bjerknes. Mais il faut se garder d'oublier que trois facteurs entrent ici en jeu : la nature du champ vibratoire, le milieu ambiant et le corps mobile. Les expériences qui résultent de conditions aussi complexes sont très délicates, et c'est pour cela qu'il est bon d'apporter une grande circonspection dans l'énoncé des conclusions générales.

M. Dvorak se borne à relater les phénomènes qu'il a observés jusqu'à présent, remettant à un avenir que nous espérons prochain le soin d'en faire la théorie.

L'observation suivante est très curieuse. Si dans une colonne d'air en vibration on place une petite boule, cette boule se trouve poussée vers le ventre de vibration.

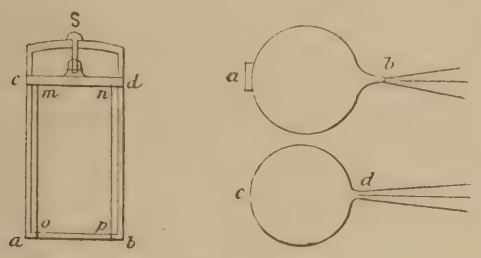


FIG. 6 ET 7

N'y a-t-il pas là encore une analogie avec l'action exercée par un solénoïde sur un noyau de fer ? En se plaçant dans cette hypothèse, on serait amené à considérer le ventre de vibration comme le milieu du solénoïde et les nœuds comme les points extrêmes de l'enroulement. Un petit disque de papier se place toujours normalement aux vibrations : M. Stroh a rattaché ce fait aux phénomènes électromagnétiques.

Si l'on met dans le champ vibratoire une membrane tendue, les actions qui prennent naissance dépendent du ton de la membrane. Lorsque ce ton est d'un demi-ton plus bas que celui du diapason, il y a répulsion ; mais dès que la différence est d'une tierce, c'est l'attraction qui se manifeste. Si les deux tons sont à l'unisson, ou si celui de la membrane est plus haut que celui du diapason il y a toujours attraction.

L'expérience se fait à l'aide d'une feuille de parchemin *m*, *n*, *o*, *p* (fig. 6) dont on peut augmenter ou diminuer la tension au moyen de la tige mobile *c d*.

Si l'on approche de l'ouverture de la caisse sonore un résonnateur accordé avec le ton du diapason, ce résonnateur sera toujours repoussé dans le sens de son axe en appelant axe la droite qui joint l'ouverture du résonnateur au centre de la sphère. Au cas où le ton du résonnateur est d'une tierce plus élevé que celui du diapason, il y a répulsion pour une petite distance et attraction pour

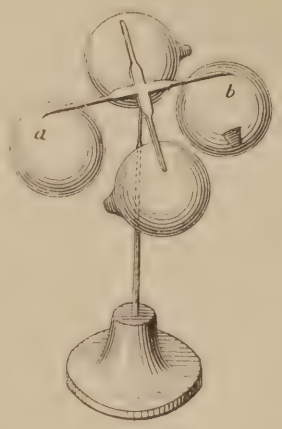


FIG. 8

une distance plus grande. Un fait analogue a été déjà observé par Bjerknes et peut être assimilé au phénomène électrostatique dans lequel une sphère fortement chargée d'électricité positive repousse à une grande distance et attire par influence à une faible distance une autre sphère également chargée d'électricité positive mais à un potentiel moins élevé.

On perce dans une feuille de carton une série de trous de façon à former des saillies coniques et telles que le diamètre des plus petites ouvertures soit égal à 2 m/m. La feuille est repoussée si

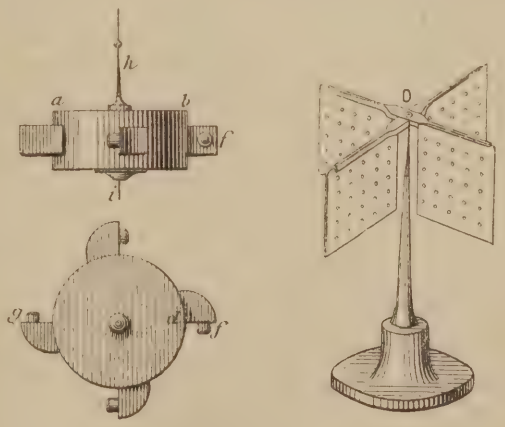


FIG. 9 ET 10

on présente les sommets des cônes devant la caisse sonore ; il se produit au contraire une attraction très énergique si l'on retourne la feuille de façon à présenter à l'ouverture de la caisse les bases des saillies coniques. Cette action a pu être utili-

sée par M. Dvorak, dans la construction d'un appareil destiné à mesurer l'intensité des vibrations de l'air. La distance joue dans le cas de la répulsion le même rôle que précédemment.

Dans la dernière partie de cette étude, l'auteur s'est attaché à faire voir comment un champ vibratoire tel que celui qu'il employait pouvait être utilisé à produire un courant d'air continu. Si l'on place à deux centimètres de l'ouverture de la caisse sonore une feuille de carton percée de 100 trous coniques et qu'on la maintienne fixe, les bases de cônes étant tournées vers la caisse, il s'écoule un flux d'air énergique par le sommet des cônes. On obtient de même, à l'aide d'un résonnateur ordinaire de Helmhotz *a*, *b*, dont on approche l'orifice *a* de l'ouverture de la caisse, un courant d'air qui s'échappe par le trou *b*. On arrive à un résultat semblable en faisant usage d'un résonnateur à une seule ouverture (fig. 7) : les diamètres des trous *b* et *d* mesurent deux millimètres.

Il est évident qu'on peut appliquer les propriétés dont il vient d'être question à engendrer un mouvement de rotation continu. M. Dvorak a construit plusieurs appareils qui réalisent ce mouvement et qui sont représentés dans les figures 8, 9 et 10. Le premier appareil consiste en quatre résonnateurs *ab* montés en croix; le tout est bien équilibré et mobile sur une pointe d'aiguille. Le système tourne assez rapidement, même à 80 centimètres de la caisse sonore. Le deuxième appareil est un résonnateur *a b* muni de quatre ouvertures *g*, *f* et suspendu par un fil de soie *h*, *i*.

Ces appareils sont évidemment très ingénieux; reste à savoir jusqu'à quel point ils offrent de l'analogie avec ceux où l'énergie électrique est appliquée à produire un mouvement de rotation; c'est le côté intéressant de la question et nous sommes heureux de voir que M. Dvorak se propose de la traiter dans un prochain article.

BIBLIOGRAPHIE

DIE LEHRE VON DER ELECTRICITÆT (*Traité d'électricité*) par Gustav Wiedemann. — 3e volume. — Braunschweig Friedrich Vieweg und Sohn 1883.

Nous nous sommes déjà longuement étendu, à propos des deux premiers volumes du livre de M. Wiedemann, sur les mérites de cet ouvrage que le nom seul de son auteur suffirait d'ailleurs à recommander à l'attention des électriciens. Nous nous contenterons donc de passer rapidement en revue les matières contenues dans ce volume.

Le premier chapitre est consacré à l'électrodynamique, et le chapitre comprend naturellement les instruments de mesure basés sur les actions de courant sur courant, c'est-à-dire les électrodynamomètres.

L'étude de l'électromagnétisme vient ensuite et amène l'auteur à traiter à fond la question des galvanomètres.

Les lois des aimants et des électro-aimants forment après cela un chapitre de 300 pages, qui est un des plus importants du volume, et ce chapitre se relie tout naturellement aux suivants, qui se rapportent aux relations existant entre le magnétisme et la chaleur et les actions mécaniques.

L'étude du diamagnétisme, de l'action exercée par les courants et les aimants sur la lumière, termine le volume qui, pris isolément, forme ainsi, pour ainsi dire, un véritable traité de magnétisme et d'électromagnétisme.

I RECENTI PROGRESSI NELLE APPLICAZIONI DELL' ELECTRICITA (*Les récents progrès des applications de l'électricité*), par M. Ferrini. — Milan, Hœpli, 1884.

Le titre de cet ouvrage pourrait faire croire qu'il s'étend à toutes les branches de l'électricité appliquée. Ce serait une erreur que de l'interpréter ainsi. Après une introduction générale destinée à rappeler au lecteur les notions nécessaires à l'intelligence du livre proprement dit, l'auteur s'étend longuement sur les diverses machines magnéto et dynamo-électriques, il décrit ensuite les différents appareils de mesure, consacre un long chapitre aux lampes et à la pratique de l'éclairage, s'étend sur le transport de la force, et termine en passant rapidement en vue les diverses applications électrométallurgiques de l'électricité et la téléphonie.

L'ouvrage est donc plutôt consacré à l'étude des machines électriques et de leurs applications à l'éclairage et au transport de la force, mais en ne considérant que ces parties principales, il forme un très bon compendium, et l'on y trouvera beaucoup de détails et une foule de renseignements pratiques.

DIE PHYSIKALISCHEN GRUNDSÆTZE DER ELEKTRISCHEN KRAFTUBERTRAGUNG (*Les principes physiques du transport électrique de la force*), par M. Joseph Popper. — Vienne, Hartleben, 1884.

Cette brochure de 60 pages contient un rapide exposé des principes du transport de la force, exposé dans lequel l'auteur ramène les phénomènes du transport à une machine à circulation de boules sur un plan incliné. Dans une sorte d'appendice, l'auteur soulève une réclamation de priorité relative au transport électrique de la force. Il rappelle une séance de l'Académie des sciences de Vienne, en 1882, dans laquelle fut ouvert un pli cacheté, déposé par lui le 6 novembre 1862, et dans lequel il exposait l'idée du transport électrique

de la force. Il n'attache pas d'ailleurs une importance exagérée à cette réclamation et il a raison, car le dépôt d'un pli cacheté ne prouve rien. Si un inventeur a réellement fait une invention, qu'il la publie de suite, ou, s'il veut en tirer un profit industriellement, qu'il prenne des brevets. Le pli cacheté ne peut servir qu'à ceux qui veulent profiter d'une idée sans se donner la peine de travailler. Une idée leur passe par la tête, elle est plus ou moins baroque, et ils ne savent pas trop si elle sera réalisable. Mais qu'importe, ils la consignent dans un pli cacheté, ce qui ne coûte rien, et le jour où un autre, après des années de travail est parvenu à réaliser la même idée, ils viennent revendiquer l'invention en disant : ouvrez mon pli cacheté. Il y a là certainement un abus, la date d'une invention ne devrait jamais compter que du jour où elle a été connue publiquement, et alors l'usage des plis cachetés tomberait de lui-même.

DAS ELEKTRISCHE POTENTIAL (*Le potentiel électrique*), par M. A. Serpieri. Traduit de l'italien en allemand, par le Dr Von Reichenbach, Vienne, Hartleben, 1884.

Nous avons déjà, dans le n° du 15 décembre 1882, appelé l'attention sur l'édition originale de cet ouvrage. La traduction allemande que M. Von Reichenbach en offre aujourd'hui au public sera certainement bien accueillie de ceux à qui elle facilitera la lecture du livre.

DIE ATMOSPHÆRISCHE ELEKTRICITÆT (*L'électricité atmosphérique*), par M. Luigi Palmieri. Traduit de l'italien en allemand, par M. H. Discher. — Vienne, Hartleben, 1884.

M. Palmieri est, on le sait, depuis de longues années directeur de l'observatoire du Vésuve. Il fait autorité en matière d'électricité atmosphérique Le petit livre dans lequel il décrit les principaux procédés et instruments de mesure de l'électricité atmosphérique, comble en partie une lacune, et rendra service à ceux qui s'intéressent à ce genre d'observations.

DAS LICHT IM DIENSTE WISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNG (*La lumière appliquée aux sciences naturelles*), par Théodore Stein, 1re livraison. — Halle, Wilhelm Knapp, 1884.

Dans ce premier fascicule, l'auteur traite d'abord de quelques applications de la lumière solaire (photographie, spectroscopie, etc.); puis il examine les différentes sources de lumière applicables dans les recherches scientifiques. Dans cette dernière partie, la lumière électrique et les divers moyens de la produire sont traités d'une façon fort étendue, et la suite de l'ouvrage nous promet d'intéressants chapitres sur les applications spéciales de cette lumière.

L'ELETTRICITA, LE SUE APPLICAZIONI (*L'électricité et ses applications*), Annuaire du journal *Giorno* pour 1884. — Milan, 1884.

Sous ce titre, *Le Giorno* a réuni les principales applications de l'électricité mentionnées dans ses colonnes pendant l'année 1884. Le tout forme un résumé succinct des progrès de l'électricité pendant l'année écoulée, et ce petit annuaire sera consulté avec fruit, car on y trouvera un certain nombre d'applications qui ne se sont fait jour qu'en Italie et sont peu connues chez nous.

ANNUAIRE DE L'ÉLECTRICITÉ, par A. Réverend. — Paris, 1884.

Nous avons déjà parlé de cet annuaire, qui est destiné à fournir aux électriciens, en même temps que les adresses qui peuvent leur être utiles, un certain nombre de renseignements techniques. Le nouveau volume pour 1884 est considérablement agrandi et augmenté presque du double, et nous ne pouvons que le recommander à nos lecteurs. Quelques erreurs d'adresses s'y sont glissées malheureusement, mais elles seront facilement rectifiées.

J.-A. BERLY'S UNIVERSAL ELECTRICAL DIRECTORY AND ADVERTISER (*Annuaire et avertisseur électrique universel de Berly*. — Londres, Dawson and sons, 1884.

Cet ouvrage, du même genre que le précédent, a eu aussi des éditions les années précédentes; il est également fort augmenté et rendra pour l'Angleterre les mêmes services.

FAITS DIVERS

La section A (mathématiques et physique) de l'Association britannique vient de publier la liste des sujets qui feront l'objet d'une discussion spéciale à sa session prochaine à Montréal. Le comité invite tous les mathématiciens et physiciens à envoyer des communications sur ces sujets aux secrétaires de la section A, 22, Albermarle Str., Londres, W., avant le 1er juin prochain. La lecture d'une communication ne doit pas excéder 15 minutes. Voici maintenant les sujets choisis :

1° Vendredi 29 août : Le siège des forces électromotrices dans un élément voltaïque.

2° Lundi 1er septembre : La relation entre les taches solaires et les phénomènes terrestres.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, l'inauguration du nouveau chemin de fer électrique prolongé de Brighton, aura lieu vers la fin de ce mois. Il partira, comme avant, de l'aquarium où on a construit une gare, mais la distance à parcourir sera quatre fois plus longue. La jauge de la nouvelle ligne sera de 81,6 centimètres, avec des rails en fer, à cause de leur plus grande conductibilité Le générateur et le moteur électrique employés seront des machines Siemens, type D_2. La voiture tiendra dix-huit voyageurs à l'intérieur et six sur

chaque plate-forme; le moteur sera une machine à gaz Otto de 8 chevaux de force.

L'emplacement de l'Exposition de Turin a été choisi dans le parc du Valentino, où l'on construit les bâtiments qui auront une étendue de plus d'un kilomètre; il y aura une galerie de 250 mètres de long sur 36 de large pour le travail en action.

Nous avons déjà parlé du prix de 10 000 fr. qui sera décerné par le gouvernement à l'inventeur qui présentera le meilleur système de transmission de la force par l'électricité appliqué à l'industrie; mais il sera distribué, en outre, huit médailles d'or et six d'argent pour les applications industrielles de l'électricité spécialement; six médailles d'or et quatre d'argent sont réservées pour les machines et appareils de technologie électrique.

Les inventions faites pendant les cinq dernières années seulement sont admises au concours, et aucune récompense ne pourra être donnée pour un appareil dont les avantages n'ont pas été prouvés par des expériences pratiques et suivies.

Le Conseil municipal de Vienne vient de renvoyer à MM. Siemens et Halske le tracé du nouveau chemin de fer électrique souterrain qui lui avait été soumis par ces Messieurs, et dans lequel on n'avait pas tenu compte des conduits de gaz et d'eau qui se trouvent sur le parcours projeté.

Le gouvernement bavarois prépare actuellement une ordonnance qui réglera les conditions locales auxquelles seront soumises les entreprises électrotechniques. En attendant, la municipalité de Munich a remis à plus tard l'exécution de plusieurs travaux de ce genre déjà commencés.

A New-York, il existe un ascenseur électrique actionné par un petit moteur auquel le courant est amené d'une certaine distance par des fils aériens. L'ascenseur est mis en mouvement par un commutateur placé au rez-de-chaussée et fonctionne admirablement.

Un orage épouvantable a pendant deux jours causé des dégâts considérables aux conducteurs électriques aériens de la ville de New-York; les fils, chargés d'une épaisse couche de glace, se sont brisés en beaucoup d'endroits, menaçant de laisser la ville sans communications télégraphiques et téléphoniques. Par suite de contacts accidentels entre des conducteurs de lumière électrique et d'avertisseurs d'incendie, les boîtes d'alarme de ces derniers ont été détruites et la plus grande confusion a régné pendant quelque temps au bureau central des pompiers.

Selon le rapport officiel du secrétaire de l'Etat de New-York, il a été formé pendant les trois dernières années, dans cet Etat seulement, 135 différentes sociétés électriques, avec un capital total de 1125 millions de francs.

Éclairage électrique

Les préparations sont presque terminées pour les importantes expériences comparatives qui auront lieu à Douvres pour l'éclairage des phares, entre l'électricité, le gaz et l'huile. Un comité de la *Trinity Board* vient d'examiner les appareils qu'on se propose d'employer à cette occasion.

Le bateau à vapeur *Oregon* a deux dynamos Edison-Hopkinson dont chacune peut alimenter 500 lampes à incandescence. Ce sont les plus grandes machines qu'on a employées jusqu'ici à l'éclairage d'un navire; elles font 600 tours par minute et donnent un courant de 110 volts. Chaque dynamo est actionnée par un moteur spécial, de sorte que toute l'installation pour la production du courant est en double en cas d'accident.

La grande fabrique de MM. Twaite frères, à Bradford, en Angleterre, est éclairée en partie par 6 lampes à arc Crompton-Crabbe, alimentées par une dynamo Crompton-Bürgin. Chaque lampe a deux paires de charbons, et dès qu'une paire est consommée, une autre est intercalée automatiquement dans le circuit.

Dans la petite ville de Cheyenne, Wyorning, la Compagnie locale de lumière électrique Brush a déjà installé 150 foyers à arc dans les rues et dans les principaux magasins. Le courant est fourni par des accumulateurs Brush dont le chargement se fait pendant la journée par une seule dynamo. La Compagnie fournit également l'éclairage à incandescence à ses abonnés avec le système Swan.

Depuis quelque temps, la cathédrale d'Isaac à St-Pétersbourg est éclairée à la lumière électrique. L'installation n'a pas été facile à faire, car le rituel grec défend d'éclairer l'intérieur des églises autrement que par des cierges, de sorte que MM. Siemens et Halske, qui ont été chargés de ce travail, ont dû placer leurs lampes à arc au dehors, devant les fenêtres ou bien entre les fenêtres doubles, d'où les rayons lumineux sont projetés dans l'intérieur de l'église par des réflecteurs. Jusqu'ici l'éclairage s'est composé de 12 000 cierges, tandis qu'il en fallait 35 000; les 53 lampes Siemens ne fournissent que 30 000 bougies, mais donnent une quantité de lumière 25 fois plus grande que les anciens cierges. C'est un riche particulier, M. Komarew, qui a fait tous les frais de cette installation.

Pendant l'année dernière, la Compagnie générale d'électricité a installé en Belgique 168 lampes Jablochkoff, 350 lampes à incandescence, 37 lampes Gramme, et 31 lampes Jaspar.

Les représentants de la maison Siemens et Halske, en Silésie, ont installé jusqu'à ce jour plus de 300 foyers à arc et 1 000 lampes à incandescence dans un grand nombre d'établissements privés et publics.

La lumière électrique a été installée à bord de plusieurs navires de la marine autrichienne avec beaucoup de succès. Le vaisseau *Erzherzog Albrecht* est ainsi pourvu de 200 lampes à incandescence alimentées par un courant de 100 volts d'une machine dynamo à enroulement Siemens.

Le docteur Holzer écrit au *Zeitschrift für Electrotechnik* qu'il a fait installer la lumière électrique dans sa sucrerie et ses dépendances, l'éclairage au pétrole offrant trop de dangers et le prix du gaz étant trop élevé. Un essai de 420 heures d'éclairage a donné satisfaction entière. Il y a 2 lampes à arc de 1 000, et 80 lampes à incandescence Swan de 20 bougies chaque, avec deux machines à vapeur de dix chevaux marchant à 90 tours. Les lampes à incandescence sont alimentées par une dynamo de huit chevaux, et les deux lampes à arc par une autre machine de deux chevaux seulement. Les dynamos font 950 tours par minute.

L'Exposition d'électricité de Munich ayant laissé un bénéfice de 20 000 marks, cette somme a été mise à la disposition

de la Société Polytechnique de cette ville qui s'en servira pour couvrir les premiers frais d'une installation centrale de lumière électrique, où on aura l'occasion par des expériences spéciales de fixer les frais de ce genre d'entreprise, qui, jusqu'ici, n'ont été tentées que par des Sociétés particulières. On espère que le gouvernement bavarois prêtera son appui à l'exécution de ce plan, qui donnerait aux élèves de l'École supérieure technique de la ville une excellente occasion de se mettre complètement au courant de cette question.

Les musiciens de l'orchestre au théâtre de la Cour, à Stuttgard, viennent de protester contre l'emploi de la lumière électrique et demandent à retourner à l'ancien éclairage à l'huile. Ils se plaignent de ne pas pouvoir régler la nouvelle lumière chacun selon sa vue et d'être aveuglés par la trop grande clarté, surtout en regardant vers le chef d'orchestre; enfin ils citent toute une série d'inconvénients que n'offraient pas les anciennes lampes. Une commission d'oculistes et de musiciens impartiaux a été nommée pour se prononcer sur la valeur de la plainte.

L'éclairage électrique, avec le système Edison, du théâtre de la Scala, à Milan, dont nous avons annoncé l'inauguration dans notre numéro du 12 janvier, fonctionne toujours depuis le 26 décembre, sans interruption. Il y a maintenant 2411 lampes installées dans le théâtre, non compris le foyer et quelques services accessoires qui auront en tout à peu près 300 lampes.

Toutes les lampes de la scène, de la salle, des vestibules, corridors, etc., sont de 16 bougies. Il y en a en tout 1814. Pour les services de la scène, les écoles de danse et de chant, les loges des artistes, etc., on a mis des lampes de 8 et de 10 bougies, et l'on compte les remplacer entièrement par des lampes de 10 bougies, qui demandent la même force électromotrice que celles de 16 bougies. Dans les salles des peintres, il y a des lampes de 32 bougies, montées de façon à pouvoir être déplacées dans tous les sens, selon les exigences du travail.

A tout cela il faut ajouter l'éclairage extraordinaire pour les bals masqués, qui a fonctionné dernièrement pendant le carnaval. Dans la salle, outre le lustre, qui a déjà 344 lampes, on a ajouté 53 bras à 5 et 3 lampes sur le pourtour des loges, ce qui fait un total de 507 lampes de 16 bougies. Éclairée de cette façon, la grande salle de la Scala était réellement inondée de lumière. Sur la scène, qui pour les bals masqués est transformée en salon, on a disposé six festons de 40 lampes chacun. Les prises de courant pour ces festons sont les mêmes que celles des six premières herses, et on a dû s'arranger de façon à pouvoir les monter dans l'intervalle d'une demi-heure entre le spectacle et l'ouverture du bal.

La consommation de lampes est très petite, puisque depuis l'ouverture de la saison, c'est-à-dire depuis 60 représentations ou répétitions générales, elle est de 8 à 10 lampes par jour. Cela revient à une durée moyenne de 1200 heures par lampe. Cette grande durée est due surtout à la circonstance que toutes les lampes de la scène et de la salle sont pourvues de régulateurs. Ainsi, pour les lampes du lustre, qui sont maintenues à 3/4 de leur intensité normale tout le temps que le rideau est levé, la durée moyenne vérifiée a dépassé 3500 heures. C'est un résultat très important pour les théâtres. Il avait été, du reste, vérifié déjà depuis quelques mois dans le théâtre Manzoni, dans lequel la vie moyenne des lampes est de 1100 heures.

Le résultat de l'éclairage des théâtres de Milan a décidé récemment la ville de Turin à éclairer avec le même système le *Teatro Regio*. Les travaux pour cette installation commenceront dans quelques jours et devront être terminés, du moins pour la salle, la rampe et l'entrée, à l'époque de l'inauguration de l'Exposition nationale, qui s'ouvrira le 26 avril. Plus tard, on complètera l'éclairage de la scène. Il y aura en tout 1600 lampes, dont 400 pour la salle, le foyer et l'entrée, et le reste pour la scène et les services.

Dans la première moitié du mois de février, le *Sirio*, grand steamer transatlantique de la Compagnie génoise Raggio et C°, revenait de son troisième voyage dans l'Amérique du Sud; avec ce voyage expirait la garantie donnée par la Société Edison italienne pour le fonctionnement de l'éclairage électrique qu'elle y avait installé. C'est le premier éclairage à bord d'un bateau à vapeur que la Société italienne ait installé. A la même époque partait du port de Gênes, pour son premier voyage, le *Perseo*, de la même Compagnie, éclairé aussi avec des lampes Edison.

L'installation se compose d'une machine à vapeur Armington et Sims, pouvant être alimentée soit par les grandes chaudières, soit par le *donkey-boiter*, et actionnant par une courroie une dynamo Edison du type L. Les deux machines sont installées dans une cabine construite exprès sur le pont, en tête de l'espace occupé par la machine du steamer. L'éclairage est fait par 157 lampes, dont 46 de 16 bougies, 105 de 8 et 10 bougies et 6 de 32 bougies. Ces dernières sont utilisées pour les feux de vigie; le reste est distribué dans les salons, cabines, services, etc. Le salon de 1re classe est éclairé par un lustre au centre et des bras et des appliques au-dessus des tables. Les cabines ont des lanternes spéciales pour les éclairer 2 à 2, ou 4 à 4, selon leur disposition. Il y a aussi des fanaux installés sur les écoutilles, et destinés à leur éclairage pendant le chargement et le déchargement du charbon et des marchandises dans les ports.

Toute l'installation du *Perseo* a été montée en 18 jours. Elle a coûté 31,000 francs, y compris la machine à vapeur et les appareils d'éclairage.

Dans quelques jours on fera une installation tout à fait identique aux précédentes, à bord de l'*Orione*, et il est probable que sous peu toutes les grandes Compagnies de la marine marchande italienne adopteront le même système d'éclairage.

Depuis le mois de juin dernier, le grand souterrain naturel nommé *Krausgrotte*, près de Gams, en Autriche, est éclairé à la lumière électrique. Une roue hydraulique placée à une distance d'un kilomètre du souterrain sert de moteur et donne environ 5 à 6 chevaux de force avec 25 tours par minute, tandis que la dynamo du type Gramme peut être poussée à 1300 tours. La partie mécanique se trouve dans un hangar en bois et comprend la dynamo, un ampèremètre et un rhéostat. Le fil extérieur d'aller et de retour est de 4 1/2 m/m suspendu sur des poteaux à une hauteur de 4 mètres ou attaché aux arbres par des isolateurs en porcelaine sans autre isolation; à l'intérieur du souterrain seulement, on ne se sert que de fil isolé. Les 5 lampes différentielles distribuées dans les plus grands compartiments du souterrain donnent une lumière de 1000 bougies chaque, tandis que les corridors sont éclairés par des bougies, en cas d'interruption du courant. La salle principale, dont les murs sont en partie formés par des cristaux de gypse, présente un coup d'œil superbe dont l'effet est augmenté par le contraste entre les bougies éclairant les corridors et la lumière électrique.

La Sociedad matritense de Electricidad a proposé au gouvernement espagnol d'éclairer le théâtre royal à Madrid à l'électricité avec des foyers à arc Gramme et des lampes à incandescence Swan ou Maxim. Le ministère a renvoyé la proposition à l'Académie royale des beaux-arts, qui s'est prononcée contre les deux systèmes à incandescence proposés, en recommandant l'emploi des lampes Edison. Aucune décision n'a été prise encore, et, en tout cas, l'installation n'aura lieu que pour la prochaine saison théâtrale. Il semble exister dans la *presse technique* de Madrid, comme

dans l'administration, une animosité contre ladite Société, qui s'est manifestée à plusieurs reprises l'été dernier lors des expériences d'éclairage électrique du Prado par la Société, qui fut vivement critiqué par les uns et assez sévèrement traité par les autres.

Une des salles du *Casino Mercantil* de Madrid vient d'être éclairée par quatre grands foyers à arc Gramme avec un résultat assez satisfaisant pour décider l'adoption de cet éclairage pour d'autres parties de l'édifice.

La Société Berghausen et Cº possède à Colonia, Espagne, une installation de 214 lampes à incandescence, et les bureaux de la *Gaceta de Cotonia* sont également éclairés par 156 lampes du même système.

On vient d'inaugurer le phare électrique de Razza, situé à l'entrée de la baie de Rio-de-Janeiro, et dont nous avons donné la description dans notre numéro du 25 novembre 1882. On se rappelle que c'est un phare tournant à deux jets blancs et un rouge qui se succèdent de quinze en quinze secondes. L'intensité lumineuse est de 120 000 becs carcel, c'est-à-dire d'une force 60 fois plus grande que celle des phares de premier ordre éclairés à l'huile. La lumière directe en est visible à 56 kilomètres, et la zone lumineuse s'étend à 62 kilomètres. Le générateur électrique est du type Gramme.

La Australasian Electric Light Cº va éclairer les bureaux du journal *Le Brisbane Courier* avec des lampes à incandescence. La même Société a signé un contrat pour l'éclairage électrique du *Princess Theatre*, à Melbourne.

La petite ville de Logansport, Etats-Unis, va être éclairée par 40 lampes à arc suspendues au milieu des rues, les autorités ayant traité à cet effet avec la Yenney Electric Light Cº pour une période de cinq années.

Le nouveau bateau à vapeur *Santa-Rosa*, de la Pacific Coast Steamship Cº, est entièrement éclairé par des lampes à incandescence du système Edison.

La United States Electric Light Cº vient d'installer une station centrale pour l'éclairage de la ville de Davenport Iowa : on se sert de la machine Armington et Sims avec une chaudière tubulaire.

La ville d'Erie, en Pensylvanie, va être éclairée à l'électricité par une nouvelle Société formée à cet effet. A Montréal, on va installer une station centrale pour 500 foyers, et la ville de Point-Saint-Charles aura également sous peu une station de 100 foyers.

A Buffalo, dans l'Etat de New-York, la Brush Electric Light Cº construit une station centrale d'éclairage électrique pour 600 foyers. Il y aura 10 dynamos de 60 foyers chaque, actionnées par dix moteurs indépendants de 65 chevaux-vapeur. Après un essai comparatif d'un mois, on s'est décidé à adopter les machines automatiques de Westinghouse.

Les rues de la ville de Saginaw (Michigan) vont être éclairées par des foyers électriques à arc qui seront placés en haut de grandes tours ou sémaphores.

Télégraphie et Téléphonie

En réponse à la plainte de la Chambre de commerce de Manchester au sujet du retard des dépêches provenant de la Belgique et de la Hollande, l'administration des Télégraphes de Londres, a fait savoir au président que les câbles reliant les deux pays étaient interrompus pour le moment, et d'ailleurs absolument indépendants du gouvernement, étant la propriété de Sociétés particulières.

Une copie de la première dépêche échangée par le système Morse entre Baltimore et Washington est déposée au Musée de Conneticut, portant la date du 24 mai 1844, et la signature du professeur Morse.

La Eastern Telegraph Cº a permis aux officiers et soldats anglais blessés en Egypte, de télégraphier gratuitement à leur famille, une générosité qui est tout naturellement fort appréciée par l'armée d'occupation, et dont les directeurs de la Compagnie ont été chaudement félicités et remerciés par une dépêche du général Stephenson.

La West Coast of America Telegraph Cº annonce que l'ouverture de la communication télégraphique avec Valparaiso et Montevideo est maintenant établie via Galveston. Le prix pour Buenos-Ayres est de 11 fr. 25 par mot.

Le câble entre la France et Jersey est réparé ainsi que les câbles entre Antigua et Guadeloupe. Le steamer *Scotia* est parti de Londres pour effectuer la réparation du câble Saint-Vincent-Pernambuco.

Le gouvernement anglais a provisoirement refusé de fournir les frais de l'éclairage électrique du British Museum, qui restera fermé le soir comme auparavaat.

Le rapport statistique du ministère du commerce autrichien accuse une diminution assez sensible dans le nombre des dépêches télégraphiques transmises en Autriche pendant la dernière année. On attribue la raison à l'état stagnant des affaires de Bourse et à la tranquillité politique de l'année 1883.

Le 1er décembre dernier, l'Erie Telephone Cº comptait 7 802 abonnés, et ce nombre a été augmenté à 8 033 avant le 1er janvier de cette année. A Buenos-Ayres, il n'y a déjà plus que 1 200 abonnés, et à Rio-de-Janeiro 822.

L'Edison Telephone Cº, à Lisbonne, vient d'étendre son réseau jusqu'à Sacaveno et Povea de Santa-Iria. Le travail est poussé avec beaucoup d'activité et le nombre des abonnés augmente tous les jours.

ERRATUM

Dans l'article de M. Clemenceau sur les fils de bronze silicieux, page 393, au lieu de : une conductibilité maxima de plus de 90 o/o de la conductibilité théorique, il faut lire : une conductibilité maxima de 97 o/o de la conductibilité théorique.

Le Gérant : A. Noaillon.

Paris. — Imprimerie P. Mouillot, 13, quai Voltaire. — 46440

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

51, rue Vivienne, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : AUG. GUEROUT | ADMINISTRATEUR : HENRY SARONI

6e ANNÉE (TOME XI) SAMEDI 22 MARS 1884 N° 12

SOMMAIRE

Sur la direction des courants dans un circuit fermé passant devant un pôle magnétique; F. Geraldy. — Méthode générale de graduation des galvanomètres; A. Minet. — L'éclairage électrique des maisons particulières et des usines; P. Clemenceau. — Théorie du transport de la force au moyen des machines dynamo-électriques; R. Clausius. — Revue de l'Exposition de Vienne : Télégraphie et téléphonie. — Appareils médicaux; Aug. Guerout. — L'affaire Drawbaugh et l'invention du téléphone; Abdank Abakanowicz. — Chronique de l'étranger : Angleterre; J. Munro. — Revue des travaux récents en électricité. — Calcul des conducteurs dans le cas de courants de haute intensité, par Alexandre Perenyi. — Éclairage électrique de la rue de Leipzig et de la place de Postdam, à Berlin. — Commutateur automatique pour la bobine de Ruhmkorff. — L'enregistreur du travail des piles de M. Marcillac. — Faits divers.

SUR LA DIRECTION DES COURANTS DANS UN CIRCUIT FERMÉ PASSANT DEVANT UN POLE MAGNÉTIQUE

C'est un fait bien connu que dans les machines du genre de celle de Clarke, et généralement dans la plupart des machines alternatives (sauf exceptions qui seront signalées plus bas) le courant qui parcourt les bobines induites change de sens au moment où celles-ci passent devant le pôle inducteur.

Dans les machines continues, des genres Gramme, Siemens ou Brush, au contraire, on n'ignore pas que le courant change de sens dans les bobines au moment où celles-ci sont le plus éloignées possible des pôles.

Les raisons de cette différence ne sont pas toujours clairement déduites; je me propose d'en présenter ici une explication simple et qui montre que ce fait caractéristique dépend de la disposition même donnée aux bobines induites dans ces différents appareils.

Imaginons un pôle d'aimant réduit à un point dans le sens horizontal mais présentant une dimension très grande dans le sens vertical. Un pareil pôle pourrait être approximativement réalisé en disposant les unes au-dessus des autres de très nombreuses lames aimantées, ces lames ayant d'ailleurs assez de longueur pour que l'influence d'un seul de leurs pôles soit à considérer, celle de l'autre pôle étant négligeable.

Le pôle magnétique ainsi constitué serait représenté par les deux projections PP′ (fig. 1). Quant au champ magnétique qui en résulte, si on le coupe par un plan horizontal quelconque MN il présentera dans chacun de ces plans la même disposition, les lignes de force seront des droites partant du point polaire et conformément réparties dans le plan.

Cela posé supposons qu'un circuit conducteur ayant la forme d'un rectangle ABCD se trouve dans ce champ magnétique et qu'il s'y meuve parallèlement à lui-même les côtés B et D demeurant constamment horizontaux.

Nous remarquerons d'abord que les côtés B et D sont soumis à l'influence d'actions magnétiques identiques, ils seront donc le siège de forces électromotrices de même sens et constamment égales; ces forces ainsi que le montrent les flèches indiquées sur la projection verticale tendent à faire naître dans le circuit des courants de sens contraire; étant égales elles s'annulent; il n'y a pas lieu de s'occuper des côtés B et D.

Restent les côtés A et C. Supposons que le rectangle marche dans le sens A A_1 A_n et qu'il parcoure ainsi toute l'étendue de la ligne R S. Quelle que soit la nature du pôle P, nord ou sud, que les lignes de force soient dirigées dans le sens P A, ainsi que cela est indiqué sur la figure ou en sens contraire, il est certain que le côté A dans son mouvement coupera toujours dans le même sens des lignes de force de même sens, il sera donc le siège d'une force électromotrice

dont le sens ne changera pas. Il en sera de même du côté C et de plus ces deux côtés se mouvant parallèlement, les forces électromotrices dont ils sont le siège seront de même sens ; elles tendront donc comme cela se voit en A′ et C′ à produire des courants de sens contraire, et le courant résultant ne pourra naître que de la différence de ces deux forces.

En définitive donc, pour déterminer le sens du courant dans le rectangle A B C D, il suffit de sa-

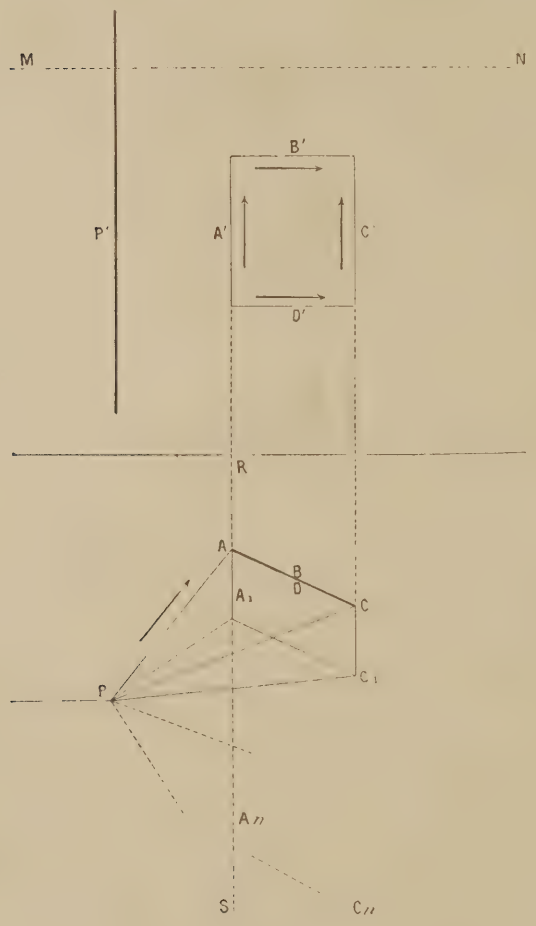


FIG. 1

voir quel est celui des deux côtés A et C qui est le siège de la force électromotrice la plus élevée. Pour cela, il faudra savoir lequel des deux, dans un déplacement élémentaire du rectangle, soit de A C en A_1 C_1 aura coupé le plus de lignes de force, car les longueurs des côtés seront sans influence puisqu'elles sont égales. Or, ainsi qu'il a été dit, dans chaque plan horizontal les lignes de force sont également distribuées dans l'espace autour du pôle P. La question se réduit donc, pour le déplacement A C A_1 C_1, à savoir lequel est le plus grand des angles A P A_1 ou C P C_1. Si c'est le premier, le courant sera dans le sens A B C; si c'est le second, il sera en sens contraire; s'ils sont égaux, il sera nul.

Le problème peut, sans difficulté, être traité dans le cas général; mais il n'offre pas grand intérêt; nous n'en considèrerons que deux cas particuliers.

Supposons d'abord que le rectangle se trouve tout entier compris dans le plan suivant lequel se déplace un de ses côtés, c'est-à-dire (fig. 2), qu'il se projette en A C et qu'il décrive la ligne A A_n. Il n'y a pas besoin de calcul pour voir comment les choses vont se passer; si le rectangle passe de la position A C à la position A_1 C_1, l'angle A P A_1 sera plus grand que l'angle C P C_1 ; la force électromotrice engendrée dans le côté A sera la plus grande, et le courant ira dans le sens A B C, que nous nommerons par convention sens positif. Il en sera ainsi jusqu'à ce que le rectangle occupe la position A_2 C_2 telle que les deux points A et C soient à égale distance du pied M de la perpendiculaire abaissée du pôle P sur la direction A A_n ; dans cette position, les angles correspondants à un déplacement élémentaire sont égaux pour les côtés A et C; le courant est nul; à partir de là, et dans la seconde partie de la course, c'est l'angle correspondant au côté C qui sera le plus grand ; en conséquence, sa force électromotrice l'emportera, et le courant sera dans le sens C B A, c'est-à-dire de sens contraire au précédent; il serait alors négatif. Il y a inversion devant le pôle.

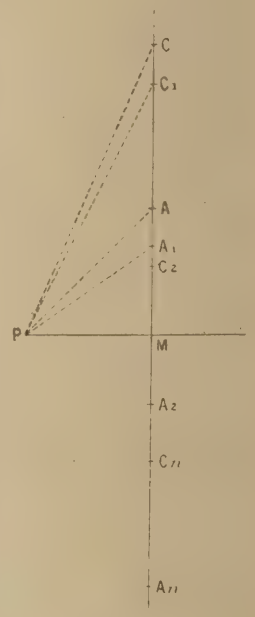


FIG. 2

C'est la disposition que présentent les machines de Clarke, alternative de Siemens, etc.; le plan des spires des bobines est dans le plan du mouvement et passe ainsi devant le pôle magnétique.

Considérons maintenant le cas où le rectangle mobile se trouve, au contraire, placé perpendiculairement au plan du mouvement. Soit toujours P le pôle, supposons que le rectangle de la position A C passe à la position A_1 C_1, la distance A A_1 étant très petite. Il faut alors que nous sachions lequel est le plus grand des angles A P A_1 et C P C_1. Abaissons P M perpendiculaire sur les lignes décrites par les côtés A et C. Soit $PM = l$; $AC = A_1C_1 = MN = h$; $MA_1 = NC_1 = x$; $AA_1 = CC_1 = dx$.

Menons A_1B perpendiculaire à PA, la distance AA_1 étant très petite, A_1B peut être confondu avec un arc décrit avec le rayon PA_1, et on aura :

$$\text{angle } APA_1 = \frac{A_1B}{PA_1}.$$

Or, le triangle rectangle AA_1B donne

$$A_1B = AA_1 \cos AA_1B = dx \cos AA_1B$$

Mais $AA_1B = MPA_1$, comme ayant leurs côtés perpendiculaires, on a donc :

$$A_1B = dx \cos MPA_1$$

D'autre part, le triangle rectangle MPA_1 donne :

$$l = PA_1 \cos MPA_1$$

d'où

$$\cos MPA_1 = \frac{l}{PA_1}$$

donc

$$A_1B = \frac{l\,dx}{PA_1} \text{ et l'angle } APA_1 = \frac{A_1B}{PA_1} = \frac{l\,dx}{PA_1^2}$$

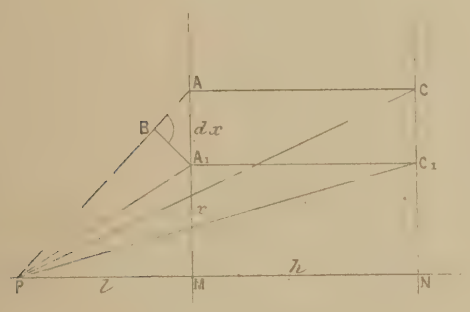


FIG. 3

Mais le triangle MPA_1 donne $PA_1^2 = l^2 + x^2$, et on a enfin

$$\text{angle } APA_1 = \frac{l\,dx}{l_2 + x_2}$$

De même on aurait

$$\text{angle } CPC_1 = \frac{(l+h)\,dx}{(l+h)^2 + x^2}$$

la différence de ces deux angles sera

$$\frac{l\,dx}{l^2+x^2} - \frac{(l+h)\,dx}{(l+h)^2+x^2} = h\,dx\,\frac{l(l+h) - x^2}{[l^2+x^2]\,[(l+h)^2+x^2]}$$

Si cette différence est positive le courant ira dans le sens ABC et sera, selon nos conventions, positif; dans le cas contraire, il sera négatif.

Or on voit que ce dernier cas se réalise pour

$$x > +\sqrt{l(l+h)};$$

pour

$$x = \pm\sqrt{l(l+h)}$$

le courant est nul; enfin lorsque x est compris entre $+\sqrt{l(l+h)}$ et $-\sqrt{l(l+h)}$ le courant est positif.

Si alors nous supposons que le rectangle vienne de très loin, il y aura d'abord un courant négatif, inversion à la distance $x = +\sqrt{l(l+h)}$ courant positif, maximum devant le pôle, après le pôle à la distance $x = -\sqrt{l(l+h)}$ inversion nouvelle et courant négatif.

Si l était nul le courant positif n'existerait pas, et il y aurait seulement annulation au passage devant le pôle. Si l est très petit, ce courant aura une très courte durée et pourra ne pas être aperçu, le courant négatif seul étant manifesté; au contraire, si l est important, le courant négatif ne tendant à se produire que dans les régions éloignées où le champ magnétique est très faible, pourra être insaisissable et le courant positif se manifestera seul.

La disposition étudiée dans ce second cas est

FIG. 4

celle qui est adoptée dans les machines du type Gramme, continue et alternative.

On sait que dans toutes les machines, les bobines induites ont un noyau de fer.

Pour tenir compte de cette influence, nous remarquerons que si devant un pôle magnétique P (fig. 4) on place une barre de fer FF', elle agit d'abord en resserrant les lignes de force, de façon qu'au lieu de se répartir uniformément suivant des lignes droites PA, PB (1), etc., elles prennent la forme de lignes courbes PA_1, PB_1, etc. Pour un rectangle qui passerait dans ce champ en se tenant tout entier dans le plan AA_n, il n'y aura rien de changé à ce que nous avons dit, l'inversion a toujours lieu devant le pôle, seulement les points maxima des courants positif et négatif sont rapprochés ; pour un rectangle tel que AC, se transportant le long de la barre FF', son plan étant perpendiculaire à

(1) La lettre P doit être reportée sur cette figure au point d'où partent les lignes qui se dirigent vers $A\,A_1\,B_1$....

AA_n, le champ se comportera comme si les lignes de force au lieu d'être issues du pôle P, venaient d'un point plus éloigné P_1; il s'en suit que la longueur l du calcul précédent sera importante, et que, comme il vient d'être dit, le courant positif sera seul manifesté; bien entendu, rien n'est changé au sens des courants, et il n'y a pas d'inversion devant le pôle, il y a au contraire maximum.

(A suivre.) FRANK GERALDY.

MÉTHODE GÉNÉRALE DE GRADUATION

DES

GALVANOMÈTRES

MESURE DE LA RÉSISTANCE INTÉRIEURE DES PILES

Les méthodes généralement employées pour la graduation des galvanomètres reposent toutes sur un même principe. Soit un galvanomètre G (fig. 1) dont on veut déterminer la constante i pour les divisions de l'échelle proportionnelles aux intensités et les intensités totales de circulation, à partir de la déviation où la proportionnalité n'existe plus.

L'appareil à graduer est établi en dérivation sur un circuit général AB aux points ab. On fait varier la différence de potentiel E en ces points et à chacune des valeurs d'E correspond une déviation de l'aiguille galvanométrique : Soient n le

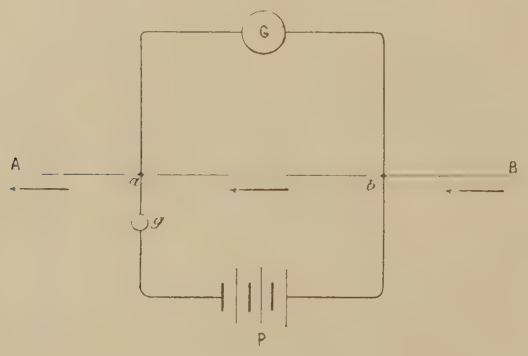


FIG. 1

nombre de degrés de l'échelle, R la résistance du galvanomètre, la constante cherchée i pour les déviations proportionnelles aux intensités est donnée par les relations suivantes:

$$i = \frac{E}{Rn} = \frac{E_{,}}{Rn_{,}} = \frac{E_{,,}}{Rn_{,,}} \ldots \text{ etc.} \qquad (1)$$

A partir du point où les déviations cessent d'être proportionnelles, l'intensité i de circulation par division varie avec le nombre de divisions; pour achever la graduation on trace une courbe en prenant pour abscisses les intensités totales de circulation dans le galvanomètre et pour ordonnées le nombre de divisions observées; soit pour les valeurs des abscisses :

$$I = \frac{E}{R} \quad I' = \frac{E'}{R} \quad I'' = \frac{E''}{R}, \text{ etc.} \qquad (2)$$

La résistance du galvanomètre, le nombre de

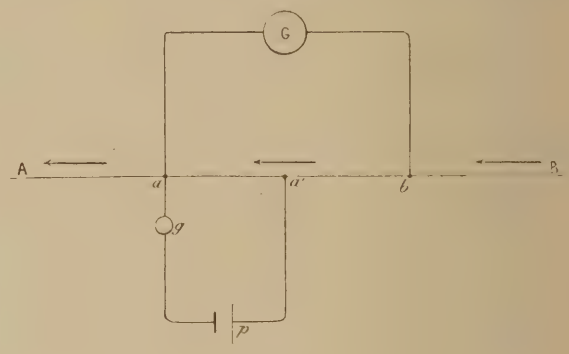


FIG. 2

divisions peuvent être déterminés avec une grande approximation. La partie délicate de l'expérience réside dans la détermination exacte de la différence de potentiel aux points ab. Le procédé le plus généralement employé est celui que nous avons représenté par le diagramme de la figure 1; il est tiré de la méthode de Poggendorff pour la recherche de la force électromotrice des piles. Un certain nombre d'éléments de pile dont la force électromotrice est connue, sont mis en opposition avec le circuit général et indéfini aux points ab. En g est établi un galvanoscope dont l'aiguille doit rester fixée au zéro chaque fois que la différence de potentiel en ab est égale et de signe contraire à la force électromotrice des piles-étalons. La valeur de cette différence de potentiel et, par suite, le nombre de piles P à établir en opposition aux points ab varieront pour une intensité I du circuit général avec la résistance r de la portion ab de ce circuit, ou pour une résistance ab avec l'intensité I.

Nous avons indiqué une méthode qui permettait de n'employer qu'un seul élément étalon et qu'on peut appeler méthode d'opposition partielle. Soit, fig. 2, un élément de pile, dont la force électromotrice est connue, mis en opposition aux points aa' compris sur le circuit partiel ab sur lequel le galvanomètre à graduer est mis en dérivation, soit r la résistance de ab. Si nous connaissons l'intensité I qui circule en ab, la différence de potentiel

(1) N° 40 de *La Lumière Electrique* du 6 octobre 1884.

aux bornes du galvanomètre nous sera donnée par la formule de Ohm

$$E = Ir \qquad (3)$$

Il ne nous reste plus qu'à déterminer la valeur de I. La résistance ρ en aa' étant connue, au moment où l'aiguille du galvanoscope g sera fixée au zéro, la différence de potentiel aux points aa' sera égale et de signe contraire à la force électromotrice e de l'élément étalon p, et nous aurons pour la valeur de I

$$I = \frac{e}{\rho}. \qquad (4)$$

La formule (3) devient

$$E = e\,\frac{r}{\rho}.$$

Nous porterons les E ainsi déterminées dans les formules (1) et (2) qui nous donnent les valeurs de la constante galvanométrique ou des intensités totales de circulation dans le galvanomètre pour les déviations qui cessent d'être proportionnelles à ces intensités.

En résumé, dans cette méthode, la résistance de ab pouvant être mesurée avec une très grande approximation, le point important est de déterminer avec la plus grande rigueur l'intensité qui circule en ab. M. Marcel Deprez emploie la méthode du voltamètre qui ne laisse aucun doute à l'esprit. On sait qu'un courant de 96 ampères décompose par seconde un équivalent d'un corps électrolytique exprimé en milligrammes.

Soient P le poids du corps décomposé, e son équivalent, exprimés en milligrammes, T le temps pendant lequel on effectue la mesure, en secondes; l'intensité du courant cherché sera donnée par la relation

$$I = \frac{P}{eT}\,96$$

Le voltamètre est disposé dans la partie du circuit extérieure au galvanomètre et indique l'intensité totale.

La différence de potentiel en ab est représentée par l'équation

$$E = I \times \frac{Rr}{R+r}.$$

Parmi les méthodes dont nous venons de donner un aperçu général, nous réservant de revenir plus tard sur quelques procédés pratiques d'exécution, celles qui sont dites d'opposition totale ou partielle, s'appliquent surtout à la graduation du galvanomètre très résistant appelé improprement, à notre sens, voltmètre. Nous reviendrons également sur ce sujet. Quant aux appareils de résistance négligeable que l'on nomme plus exactement ampèremètres, leur graduation est plus simple. Il suffit d'établir le galvanomètre dans un circuit et de déterminer pour chaque division l'intensité du courant par une des méthodes dont nous venons de parler : méthode d'opposition partielle, méthode voltamétrique.

Il peut être intéressant de déterminer rapidement la constante d'un galvanomètre industriel du genre de ceux de M. Deprez avec une approximation suffisante pour la pratique. Ces sortes de galvanomètres à fil fin ont une résistance de 100 ohms environ, leur sensibilité est assez grande pour dévier de 10 à 15° pour une différence de potentiel de 1 volt au bornes de l'appareil.

Etablissons (fig. 3) un de ces galvanomètres en circuit direct avec une pile dont nous connaissons la force électromotrice E. Notons n le nombre de divisions au moment de la fermeture du circuit et soient R la résistance du galvanomètre, ρ la résistance de la pile-étalon, i la constante cherchée.

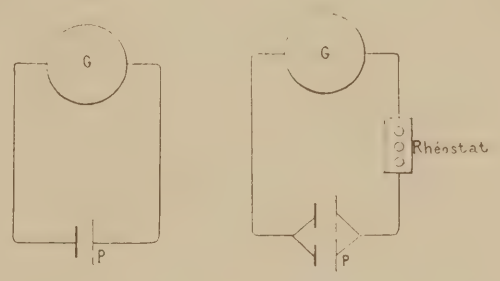


FIG. 3 ET 4

L'intensité totale est égale à ni. Nous aurons, en appliquant la loi de Ohm,

$$E = ni\,[R + \rho]$$

d'où pour la valeur de i

$$i = \frac{E}{n\,[R + \rho]}.$$

Lorsque la résistance du galvanomètre est très grande comme dans le voltmètre que vient de construire M. Carpentier (plusieurs milliers d'ohms), et la résistance de la pile très faible, le terme ρ peut être négligé et l'intensité de circulation pour une déviation de l'aiguille galvanométrique calculée très approximativement au moyen de la relation plus simple.

$$i = \frac{E}{n\,R}.$$

Les piles que l'on emploie fréquemment pour ce genre de détermination sont formées d'éléments Daniell qui présentent une résistance appréciable (5 ohms environ) et qui ne peut être négligée. Il est important d'en tenir compte et de la mesurer le plus exactement possible. Le galvanomètre à graduer, dans une expérience préliminaire, nous ser-

vira à faire cette détermination ; il n'est pas nécessaire d'en connaître la constante, une sensibilité suffisante seule est requise (10 à 15 divisions pour une différence de potentiel d'un volt à ses bornes).

La méthode que nous allons décrire est due à Wheatstone et date de 1843 (1).

Soit un galvanomètre G mis en circuit direct avec l'élément de pile P dont on veut déterminer la résistance intérieure (fig. 3); on note le nombre de divisions n dont a dévié l'aiguille.

Un deuxième élément semblable au premier est mis en dérivation ou quantité avec celui-ci (fig. 4). Si nous appelons R la résistance du galvanomètre, ρ la résistance intérieure de la pile cherchée, la résistance totale devient $R + \frac{\rho}{2}$, de $R + \rho$ qu'elle était précédemment.

La force électromotrice reste la même dans les

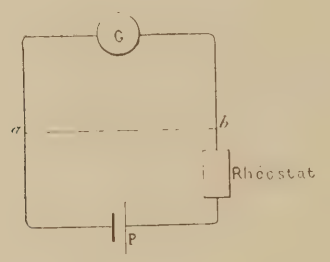


FIG. 5

deux cas. La déviation du galvanomètre est plus grande ; pour la ramener à sa valeur primitive, on ajoute au moyen du rhéostat une résistance l. L'intensité de circulation est alors la même que précédemment et nous avons, d'après la loi de Ohm,

$$I = \frac{E}{R + \rho} = \frac{E}{R + \frac{\rho}{2} + l},$$

d'où

$$R + \rho = R + \frac{\rho}{2} + l$$

et enfin pour la valeur cherchée

$$\rho = 2\,l$$

Dans le cas où la résistance de la pile est très faible par rapport à celle du galvanomètre, la disposition de l'expérience doit subir une modification représentée par le diagramme de la figure 5. La pile est fermée par une résistance sensiblement égale à la résistance intérieure cherchée, le galvanomètre à déviation constante mis en dérivation en *ab*, et l'expérience conduite du reste comme nous venons de le décrire précédemment.

ADOLPHE MINET.

(1) *Traité d'électricité* de Wiedemann, édition 1882.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

APPLICATION DES LAMPES A INCANDESCENCE POUR L'ÉCLAIRAGE DES MAISONS PARTICULIÈRES ET DES USINES.

De tous les systèmes de foyers électriques connus, la lampe à incandescence est sans contredit celui dont l'emploi est tout indiqué pour l'éclairage des maisons privées. Sa forme, son volume, en rendent l'installation facile, son pouvoir éclairant ne peut atteindre une intensité hors de mise dans un appartement, et enfin son éclat, grâce à la fixité de la lumière, ne peut en aucun cas fatiguer la vue, même sans qu'il soit nécessaire de recourir à l'emploi du verre dépoli. La démonstration n'est plus à faire, et la bonne bougie de l'Etoile, l'excellente lampe à huile auraient fait leur temps si la grosse difficulté, toujours la même, n'était là. Comment alimenter ? quelle source d'électricité choisir ? et où l'installer ? Les sources d'électricité connues se réduisent à trois en effet : la pile, l'accumulateur, la machine dynamo ou magnéto-électrique ; il n'y en a pas jusqu'à présent de quatrième. Toutes les fois qu'on a tenté de faire de la lumière électrique avec les piles, on s'est heurté à des difficultés sans nombre. La pile Bunsen a des émanations qui permettent à peine son emploi en plein air ; la pile au bichromate de potasse est par trop inconstante, et pour ne pas les énumérer toutes, les piles en général demandent un matériel encombrant, très coûteux, que viennent aggraver singulièrement encore les manipulations constantes que nécessite leur conservation. Le Comptoir d'Escompte de Paris essaya la pile Grenet, on s'en souvient, mais, hélas ! si l'effet général de cette installation fut bon, les frais furent tels qu'elle ne put vivre et qu'on dut revenir au gaz.

De son côté, l'ingénieur Trouvé, que les bijoux électriques ont rendu célèbre, a imaginé une préparation spéciale de la dissolution de bichromate de potasse et d'acide sulfurique qui peut donner à sa pile la régularité désirable pour l'éclairage d'un appartement. Des essais furent faits avec ce système, mais comme les renseignements fournis à ce sujet sont d'un vague inquiétant, nous n'insisterons pas : ce n'est là qu'un joujou. Avec les piles donc, il n'y a rien à faire en dehors du laboratoire, et les accumulateurs et les machines restent seuls. Les accumulateurs actuels, si vous le permettez, nous n'en dirons rien. Il ne reste donc plus que la machine, qu'il faut, bon gré mal gré, choisir pour la production de la lumière électrique. L'engin, cette fois, est excellent, mais s'il convient admirablement dans une usine ou dans un atelier, il est des plus embarrassants à caser quand il s'agit

d'une maison privée. De chaudière et de machine à vapeur comme force motrice, il n'y faut pas songer, et si la petite machine à gaz à deux cylindres est plus acceptable, elle est cependant assez volumineuse pour exiger un certain emplacement. Dans de pareilles conditions, il ne faut donc pas compter

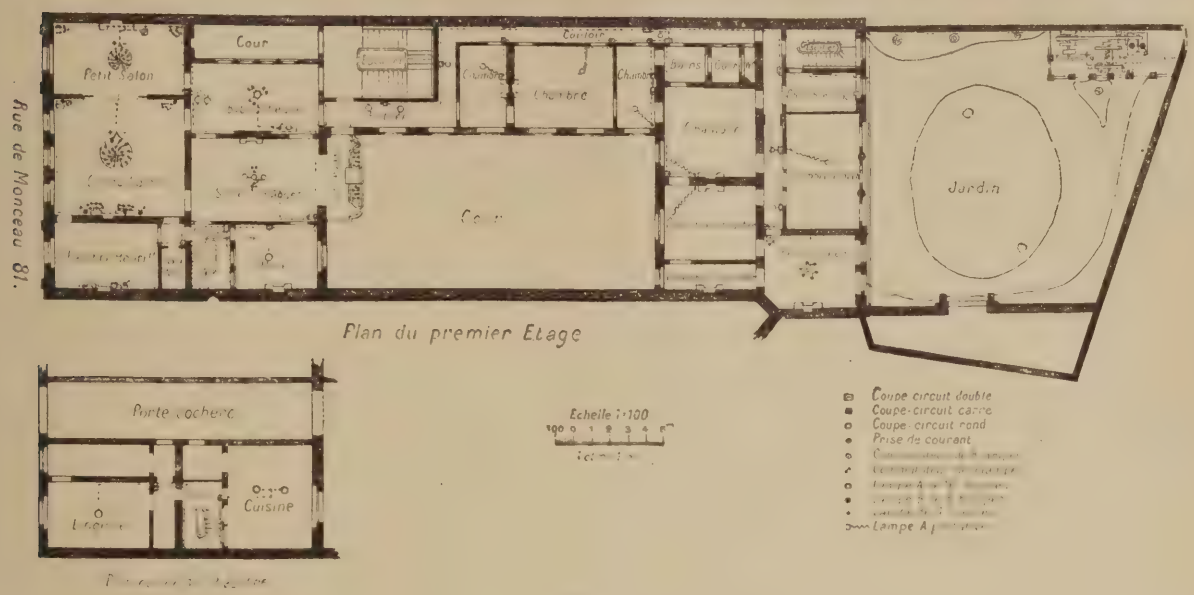


FIG. 1

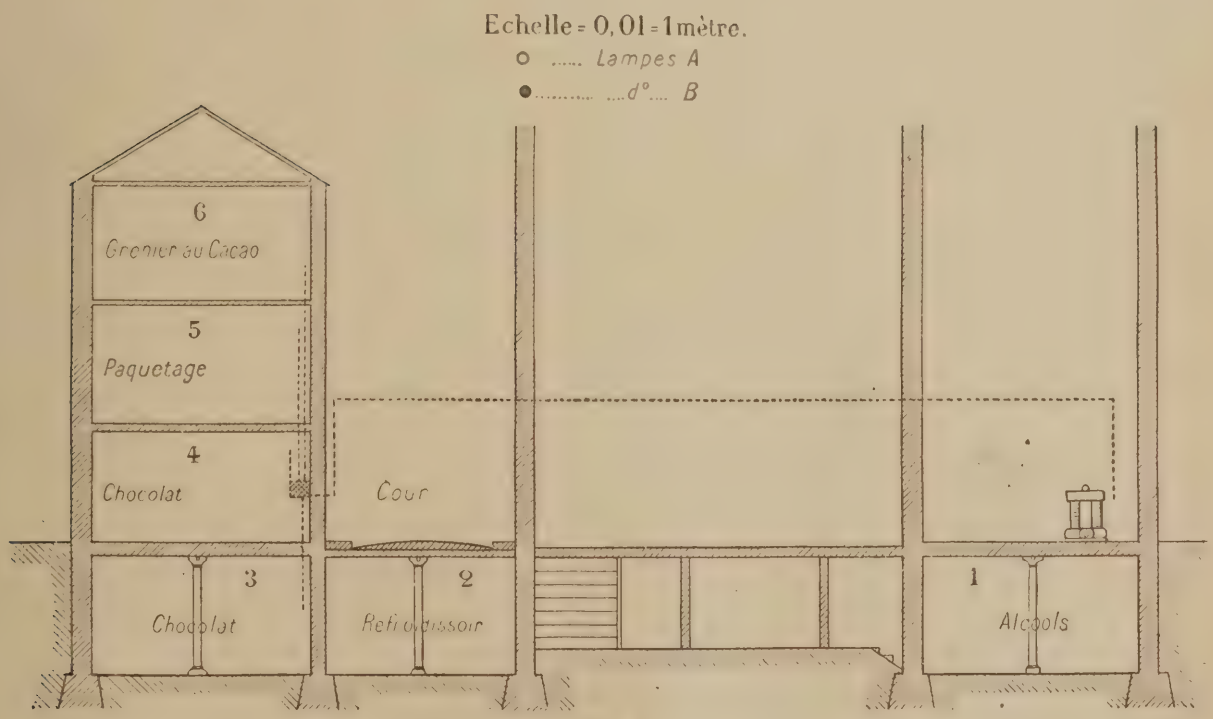


FIG. 2

voir la lumière électrique éclairer nos appartements, tant que des usines centrales ne se seront pas établies. On connaît notre avis sur ce sujet : pour nous, c'est là l'avenir; mais, comme ce n'est encore qu'*à venir*, nous signalerons toujours avec empressement les installations privées d'éclairage électrique par les seuls moyens dont nous disposons aujourd'hui. De ces installations, on en a fait

un certain nombre dans ces dernières années à l'occasion de bals ou de fêtes; mais comme il n'y avait là de quoi alimenter à peine un fait divers, nous n'en avons pas parlé, comme de juste, et si nous y revenons aujourd'hui, c'est qu'à l'heure actuelle Paris en possède une, une seule peut-être, qui se présente comme devant être définitive, et qui le sera, nous l'espérons. Cette installation, c'est chez M. Porgès, le président du conseil d'administration de la Société Edison, qu'elle existe. Comme le montre le plan que nous donnons ci-contre, il ne s'agit pas ici d'un hôtel, mais d'un appartement, très vaste d'ailleurs, et qui bien qu'à l'entresol est attenant à un petit jardin. Comme il convenait, c'est dans celui-ci qu'on installa la force motrice. Elle se compose d'une machine à gaz à deux cylindres, de la force de huit chevaux, qui actionne une machine Edison du type de 60 lampes A, et le circuit, habilement dissimulé dans les moulures, parcourt l'appartement en entier sans que la décoration intérieure ait à en souffrir. A part les chambres à coucher et les corridors, les lampes B sont les seules employées. Elles sont installées sur les lustres et candélabres déjà exis-

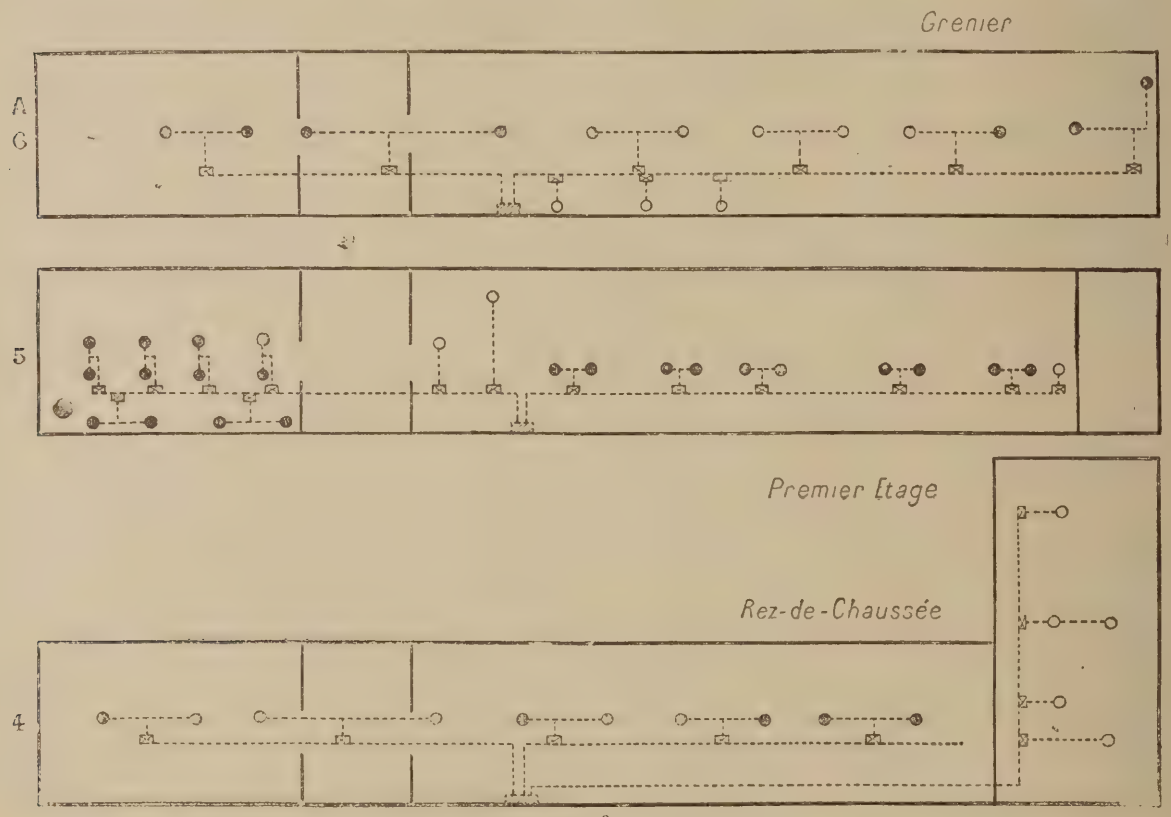


FIG. 3

tants, et bien qu'en principe pour les installations de ce genre il serait peut-être préférable de modifier les lampadaires, nous devons dire que l'effet général est excellent. Nous ne sommes pas, il est vrai, très partisan des lampes A au milieu des plantes de la véranda; ainsi placées elles répandent peu de lumière autour d'elles et donnant une teinte particulière aux feuilles et aux fleurs des camélias, elles feraient croire artificielles des plantes qui ne le sont pas. En revanche, les petites lampes minuscules disséminées dans les deux jardinières du grand salon nous plaisent énormément. L'effet est des plus heureux, et les jacinthes aux couleurs si tendres que nous avons vues ainsi éclairées par en dessous, avaient l'air de pierres précieuses rayonnant de feux étranges, à côté de gros diamants.

Dans les chambres à coucher des lampes A portatives donnent un éclairage plus que suffisant, même pour les cas où on y voudrait écrire. Cependant ici il est une remarque à faire. En général, on n'a besoin d'y voir dans sa chambre que pendant la nuit ou tout au moins le soir au moment où l'on se couche; or, la plupart du temps il n'est pas probable que l'on conserve à son poste l'homme de surveillance, et que l'on fasse tourner les machines jusqu'à une heure très avancée. A part les jours de réception, l'installation cessera donc son fonctionnement au moment même où l'on aura besoin d'utiliser les lampes des chambres à coucher, et cela

se produira surtout pendant l'absence des maîtres de la maison, qui, en rentrant chez eux, ne pourront profiter des avantages inhérents à leur système d'éclairage. Pour remédier à cet inconvénient, que penserait-on d'un PETIT accumulateur capable d'alimenter strictement une lampe par chambre? Employé dans ces conditions, un accumulateur pourrait rendre de bons services et sa charge se pourrait entretenir chaque jour pendant le fonctionnement de la machine dynamo-électrique. Le surcroît de dépense serait insignifiant, et sans qu'il y eût d'inconvénient à redouter, l'éclairage des chambres à coucher serait surtout au besoin assuré pendant la nuit. Cela dit, nous n'avons qu'à féliciter d'abord l'ingénieur à qui est due l'élégante installation dont nous venons de parler, et ensuite M. Porgès qui vient de donner un bon exemple qui sera suivi, nous n'en doutons pas.

Si la lampe à incandescence convient essentiellement à l'éclairage des appartements, comme nous le disions plus haut, en revanche les foyers à arc sont mieux à leur place dans les grands espaces, chantiers, ateliers, usines, etc. Ils coûtent moins à installer, à entretenir, et en outre permettent une

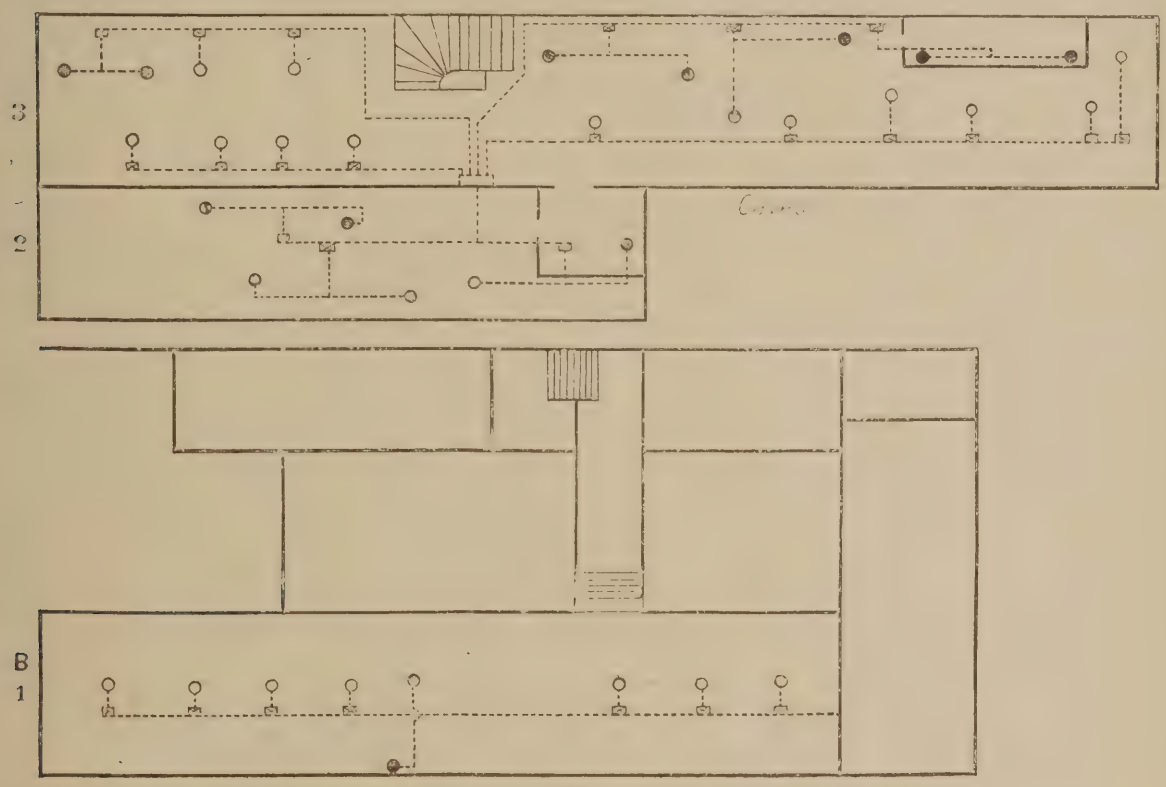


FIG. 4

meilleure utilisation de la lumière. Cependant, si ce que nous avançons est vrai dans la majorité des cas, il y a là, comme en toutes choses, des exceptions. Si dans presque toutes les usines ou manufactures il est nécessaire d'avoir une abondante lumière pour le travail de nuit, il en est en revanche d'autres qui ne sont pas assujetties aux mêmes besoins.

Quand les divisions dans le local sont nombreuses et qu'au lieu d'un seul grand et vaste atelier, on se trouve en présence d'une série de pièces relativement petites, accumulées côte à côte ou les unes sur les autres, la solution générale de l'éclairage par l'électricité ne peut être acceptée, et la lampe à incandescence s'impose d'elle-même alors. Pour les personnes qui en douteraient, nous leur conseillerons de se rendre dans un quartier de Paris très excentrique et que le monde élégant ne connaît pas. A la rue de l'Ourcq (le nom indique où elle se trouve), elles trouveront la vaste usine où Potin fabrique ses produits alimentaires, et si, ce qui ne fait doute, les portes leur en sont ouvertes, elles pourront se rendre compte de l'essai des lampes à incandescence qu'on y fait en ce moment. Les pièces sont assez basses du plafond, le travail qu'on y fait ne nécessite pas une lumière considérable, et la simple inspection des lieux montre que dans un tel local l'installation de foyers à arc serait complètement hors de mise. Après plusieurs tentatives malheureuses, en effet, M. Potin, qui ne voulait plus de gaz à cause des inconvénients connus, a fini par où il aurait dû commencer, par es-

sayer les lampes à incandescence. La Société Edison a mis en service une centaine de lampes A réparties dans les longues galeries comme le représente le plan que nous donnons ici. Les lampes ne sont pas groupées, elles sont placées une à une et suspendues de la manière la plus simple et la plus pratique qui puisse convenir à une usine de ce genre.

Chaque foyer et son abat-jour est fixé à une planchette de bois léger sur laquelle courent les fils conducteurs, et qu'un simple crochet vient maintenir au plafond. De la sorte, la lampe est mobile autour de son point de suspension, et si les frais d'installation sont peu élevés, il y a là, en outre, l'avantage de permettre aux ouvriers pendant les manœuvres de heurter la lampe en passant sans qu'aucun accident pour cela soit à craindre. Sur tout le parcours des fils. En outre, la Société Edison a adopté un mode de pose qui est ingénieux.

Pour éviter l'ennui des cavaliers qui peuvent crever l'isolant des conducteurs et créer ainsi des dérivations, on leur a substitué de petites lattes en sapin, clouées aux murs qui couvrent entièrement le fil en garantissant ainsi l'entière conservation. Ce procédé est peut-être un peu plus coûteux que l'autre, mais il présente des avantages à considérer.

Il y a tout intérêt, en effet, dans une usine à mettre hors de la portée des ouvriers, les conducteurs d'une pareille installation, et, en outre des cavaliers qui peuvent se détacher, on peut, en accrochant les fils maladroitement, les rompre et, par suite, amener une extinction totale.

Ces petits taquets de bois apparents, ne sont pas certainement d'un grand effet décoratif, mais la décoration est chose fort secondaire dans un atelier où l'on fait du chocolat, et nous ne croyons pas qu'il y ait là matière à critique.

Comme nous le disions plus haut, cette installation n'est pas définitive : la cave aux spiritueux, le refroidissoir, l'atelier de fabrique du chocolat, le paquetage et le grenier sont seuls éclairés ; mais comme ces premiers essais tentés, nous devons le dire, sont bons, il est probable que l'emploi de lampes Edison sera sous peu généralisé dans l'usine de M. Potin, et les ouvriers qui avaient fort à souffrir du gaz à cause de la chaleur, des foyers à arc, à cause de l'éclat trop vif, seront les premiers satisfaits. Comme il n'y aura pas besoin d'installer de machine motrice spéciale pour le service de la lumière, les frais d'établissement seront évidemment peu élevés. Nous n'avons pas de données exactes à ce sujet pour le moment, et nous y reviendrons plus tard, lorsque l'installation complète sera décidée.

P. Clemenceau.

THÉORIE DU TRANSPORT DE LA FORCE AU MOYEN DE MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

§ 1. *Equations se rapportant à chaque machine.*

Dans un article récemment publié, j'ai établi deux équations qui servent à déterminer le travail de la force pondéromotrice et la force électromotrice dans une machine dynamo-électrique en marche. Ces équations sont les suivantes :

$$\text{(I)} \qquad T = -\left[\frac{1}{a+i}\left(p + \frac{q}{b+i}\right)v + \left(\frac{l}{a+i}\right)^2\left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right)v^2\right]i^2,$$

$$\text{(II)} \qquad E = \left[\frac{1}{a+i}\left(p + \frac{q}{b+i}\right)v - \rho v - \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right)v^2\right]i.$$

T représente le travail de la force pondéromotrice pendant l'unité de temps, et E la force électromotrice, i l'intensité et v le nombre de tours, et a, b, p, q, l, ρ, σ, λ, sont des constantes parmi lesquelles celles qui sont figurées par des lettres grecques, et surtout les deux dernières, peuvent être considérées comme petites par rapport aux autres. Si dans les deux équations on réduit au même dénominateur les membres qui se trouvent dans la première parenthèse et si l'on pose

$$\text{(1)} \qquad e = b + \frac{q}{p},$$

ces équations prennent la forme suivante qui est encore un peu plus simple

$$\text{(I}_a\text{)} \qquad T = -\left[\frac{e+i}{(a+i)(b+i)}pv + \left(\frac{l}{a+i}\right)^2\left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right)v^2\right]i^2,$$

$$\text{(II}_a\text{)} \qquad E = \left[\frac{e+i}{(a+i)(b+i)}pv - \rho v - \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right)v^2\right]i.$$

On peut faire usage de ces équations dans le problème du transport de la force, notamment dans les cas où deux machines dynamo-électriques sont dans le même circuit, la première de ces machines recevant son mouvement d'un moteur mécanique quelconque, la seconde se mettant en marche sous l'influence du courant électrique qui prend naissance dans le circuit commun et se trouvant ainsi à même de produire un travail mécanique.

Pour rendre, autant que possible, les équations précédentes d'une application facile à ce point de vue spécial, il est bon d'introduire encore une petite simplification relative aux signes.

La deuxième machine qui se met en mouvement en vertu du courant électrique tourne en sens inverse de celle qui engendre le courant : il faudrait, pour tenir compte de ce fait, donner à la quantité v le signe moins dans les équations qui se rapportent à cette deuxième machine. En second lieu, dans la première machine, la force pondéromotrice s'oppose au mouvement et doit être vaincue, tandis que la deuxième machine se met en mouvement sous l'influence de la force pondéromotrice; si l'on voulait exprimer ces conditions, on serait conduit à donner au travail T une valeur négative pour la première machine, comme cela a lieu d'ailleurs dans l'équation précédente, et une valeur positive pour la seconde machine. En dernier lieu, les forces électromotrices sont-elles aussi de sens contraires dans les deux machines et demanderaient par conséquent, au point de vue d'une exactitude absolue, à être représentées par des quantités de signes différents.

Il serait peu commode dans la pratique d'avoir à tenir compte sans cesse pour une des machines de vitesses de rotation négatives; aussi est-on convenu d'exprimer cette vitesse de rotation pour une des machines aussi bien que pour l'autre par le nombre de tours, c'est-à-dire par une grandeur absolue; on admet comme évident qu'il faut d'un côté dépenser du travail pour en récupérer de l'autre, et que les forces électromotrices ont des directions contraires dans les deux machines; on se contente donc dans la détermination des quantités de travail et des forces électromotrices de les représenter par leurs valeurs absolues. Nous nous conformerons à cet usage et nous désignerons par v_1 et v_2 les nombres de tours dans l'une et l'autre machine, sans tenir compte du sens de la rotation, par T_1 et T_2, les valeurs absolues des quantités de travail, et par E_1 et E_2, les valeurs absolues des forces électromotrices.

Les équations se rapportant à la première machine deviennent alors

$$\text{(III)} \qquad T_1 = \left[\frac{e+i}{(a+i)(b+i)} p v_1 + \left(\frac{l}{a+i}\right)^2 \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right) v_1^2\right] i_1^2,$$

$$\text{(IV)} \qquad E_1 = \left[\frac{e+i}{(a+i)(b+i)} p v_1 - \rho v_1 - \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right) v_1^2\right] i.$$

Avant d'écrire les équations correspondantes pour la deuxième machine, il est encore nécessaire de faire une remarque sur le signe des termes qui renferment le facteur v^2 ainsi que sur celui du terme ρv. Commençons d'abord par ne pas nous occuper du terme ρv, et voyons ce qu'il y a lieu d'observer pour les autres termes. Si nous voulions déterminer T et E avec leurs signes respectifs, il nous faudrait, pour passer des équations relatives à la première machine à celles relatives à la seconde, remplacer v_1 par $-v_2$. A la suite de cette substitution, les termes du premier degré changeraient de signe, tandis que les termes du second degré conserveraient le même signe. Il résulte de là que si nous voulons déterminer les valeurs absolues de T et de E, il nous faut changer, dans le second membre de l'égalité, les signes, qui, d'après ce qui vient d'être dit, donneraient à T et à E des valeurs négatives; on est ainsi amené pour la deuxième machine à des équations dans lesquelles les termes du premier degré ont le même signe que dans celles qui se rapportent à la première machine, tandis que les termes du second degré ont un signe contraire.

En ce qui concerne le terme ρv que nous avons laissé de côté jusqu'à présent, la force électromotrice représentée par le produit $\rho v i$ agit toujours dans un sens contraire à la direction de l'intensité i; dans la première machine où toute la force électromotrice a la même direction que le courant i, le produit $\rho v i$ tendra donc à diminuer la valeur absolue de cette force, ce qui correspond au signe moins placé devant le terme ρv dans l'équation IV; dans la deuxième machine c'est l'inverse qui se produit : toute la force électromotrice a une direction contraire à celle de l'intensité i et la force électromotrice qui a pour expression $\rho v i$ augmente la valeur absolue de la première; le terme $\rho v i$ doit donc être affecté du signe plus. Il résulte de là que les équations relatives à la seconde machine prennent la forme suivante :

$$\text{V.} \qquad T_2 = \left[\frac{e+i}{(a+i)(b+i)} p v_2 - \left(\frac{l}{a+i}\right)^2 \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right) v_2^2\right] i^2$$

$$\text{VI.} \qquad E_2 = \left[\frac{e+i}{(a+i)(b+i)} p v_2 + \rho v_2 + \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right) v_2^2\right] i$$

En donnant cette forme aux équations ci-dessus on suppose que la deuxième machine est semblable à la première. Dans le cas où cette machine serait différente de la première les constantes qui interviennent dans les équations et dont la valeur dépend de la nature des machines se trouveraient modifiées; il y aurait évidemment lieu dans les notations de rendre apparente d'une façon quelconque cette différence, ce à quoi on arriverait par exemple en affectant d'indices les lettres qui représentent les constantes.

Les quatre équations III, IV, V et VI peuvent servir à calculer les différents éléments qui entrent en jeu dans l'action commune des deux machines.

§ 2. *Détermination de l'intensité du courant.*

Lorsque les deux machines sont réunies l'une à l'autre par des conducteurs qui ne renferment aucune nouvelle force électromotrice, ce qui est le cas du transport de force, la force électromotrice qui agit dans l'ensemble du circuit est exprimée par la différence $E_1 - E_2$. Nous pouvons donc écrire en appelant R la résistance totale des conducteurs

$$(2) \qquad Ri = E_1 - E_2$$

si nous remplaçons dans cette égalité E_1 et E_2 par leurs valeurs tirées des équations IV et VI, nous aurons

$$(2) \qquad \begin{cases} Ri = \left[\frac{e+i}{(a+i)(b+i)} p(v_1 - v_2) - \rho(v_1 + v_2) \right. \\ \left. - \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right)\left(v_1^2 + v_2^2\right)\right] i \end{cases}$$

équation qui peut servir à déterminer i.

On trouve immédiatement une première solution pour laquelle l'équation est satisfaite et qui est

$$(4) \qquad i = 0$$

Ceci posé, on peut diviser l'équation précédente par i et faire passer dans le membre de gauche tous les termes qui n'ont pas de dénominateur, ce qui conduit à l'expression

$$(5) \qquad \begin{cases} R + \rho(v_1 + v_2) + \sigma\left(v_1^2 + v_2^2\right) \\ = \frac{e+i}{(a+i)(b+i)} p(v_1 - v_2) - \frac{\lambda}{b+i}\left(v_1^2 + v_2^2\right) \end{cases}$$

Supposons maintenant que l'on divise les deux membres de cette équation par la quantité qui se trouve à gauche et que l'on pose pour plus de simplicité

$$(6) \qquad \begin{cases} u = \dfrac{v_1 - v_2}{R + \rho(v_1 + v_2) + \sigma\left(v_1^2 + v_2^2\right)} \\ U = \dfrac{v_1^2 + v_2^2}{R + \rho(v_1 + v_2) + \sigma\left(v^2 + v_2^2\right)} \end{cases}$$

l'égalité devient

$$(7) \qquad 1 = \frac{e+i}{(a+i)(b+i)} pu - \frac{\lambda}{(b+i)} U$$

Si l'on multiplie cette expression par le facteur $(a+i)(b+i)$ et qu'on l'ordonne par rapport aux puissances décroissantes de i on arrive à l'équation du second degré

$$(8) \qquad i^2 - (pu - \lambda U - a - b)i - epu + \lambda aU + ab = 0$$

qui est satisfaite par les valeurs de i

$$(9) \qquad i = \frac{1}{2}(pu - \lambda U - a - b)$$
$$\pm \frac{1}{2}\sqrt{(pu - \lambda U - a - b)^2 + 4epu - 4\lambda aU - 4ab}$$

D'après les remarques qui ont été faites dans une première partie de cette étude à propos d'une équation du genre de celle que nous avons sous les yeux, il convient de prendre le signe + devant le radical, avec la condition bien entendu que les valeurs de u soient suffisamment grandes pour rendre positive la quantité placée sous le radical. Pour les valeurs de u inférieures à une certaine limite, l'expression sous le radical devient négative : dans ce cas, c'est la solution donnée plus haut, c'est-à-dire $i = 0$ qu'il convient de prendre. Pour être absolument rigoureux, il faut plutôt dire que dans cet intervalle on obtiendrait des valeurs de i excessivement faibles, dépendant du magnétisme rémanent dans l'électro-aimant fixe de la première machine et non pas des valeurs précisément égales à zéro. Mais comme cet intervalle correspond à des vitesses de rotation de la première machine qui se produisent seulement au moment de la mise en marche et avant le démarrage de la deuxième machine, les valeurs de i que l'on rencontre dans cette période ont peu d'importance et notre attention doit surtout se porter sur celles qui sont données par l'équation 9 pour de plus grandes vitesses de rotation.

Cette dernière expression peut être mise sous une forme plus simple en posant

$$(10) \qquad u' = u - \frac{\lambda}{p} U = \frac{v_1 - v_2 - \frac{\lambda}{p}\left(v_1^2 + v_2^2\right)}{R + \rho(v_1 + v_2) + \sigma\left(v_1^2 + v_2^2\right)}$$

$$(11) \qquad c = (e - a)p = q - pa + pb$$

l'équation devient

$$(12) \qquad i = \frac{1}{2}(pu' - a - b) + \frac{1}{2}\sqrt{(pu' + a - b)^2 + 4cu}$$

§ 3. *Comparaison des quantités de travail.*

Du moment que nous avons trouvé une expression déterminée pour l'intensité i les expressions que nous avons données pour T_1 (III) et T_2 (V) sont par là-même complètement déterminées et peuvent par conséquent servir à calculer les quantités de travail de part et d'autre.

Afin de comparer plus facilement entre elles les formules précédentes, nous allons introduire une notation simple pour représenter le terme qui renferme les petits facteurs σ et λ en posant

$$(13) \qquad \gamma = \left(\frac{l}{a+i}\right)^2 \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right).$$

Les deux équations deviennent

$$(14) \qquad T_1 = \left[\frac{e+i}{(a+i)(b+i)} pv_1 + \gamma v_1^2\right] i^2$$

$$(15) \qquad T_2 = \left[\frac{e+i}{(a+i)(b+i)} pv_2 - \gamma v_2^2\right] i^2$$

L'équation 5 donne

$$\frac{c+i}{(a+i)(b+i)}p = \frac{R+\rho(v_1+v_2)+\left(\sigma+\frac{\lambda}{b+i}\right)\left(v_1^2+v_2^2\right)}{v_1-v_2}$$

expression que nous simplifions en posant

$$(16) \qquad \delta = \rho(v_1+v_2)+\left(\sigma+\frac{\lambda}{b+i}\right)\left(v_1^2+v_2^2\right)$$

ce qui nous amène à l'égalité

$$(17) \qquad \frac{c+i}{(a+i)(b+i)}p = \frac{R+\delta}{v_1-v_2}$$

cette expression sortie dans les valeurs précédentes de T_1 et de T_2 conduit finalement aux formes suivantes

$$(18) \qquad T_1 = \left[(R+\delta\frac{v_1}{v_1-v_2}+\gamma v_1^2\right]i^2$$

$$(19) \qquad T_2 = \left[(R+\delta)\frac{v_1}{v_1-v_2}-\gamma v_2^2\right]i^2.$$

Si on retranche la seconde équation de la première on a :

$$(20) \qquad T_1-T_2 = \left[R+\delta+\gamma\left(v_1^2+v_2^2\right)\right]i^2$$

En divisant les mêmes équations l'une par l'autre, on obtient :

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{v_2}{v_1}\cdot\frac{1-\gamma\frac{v_2(v_1-v_2)}{R+\delta}}{1+\gamma\frac{v_1(v_1-v_2)}{R+\delta}}$$

Si enfin on développe en série par rapport à γ, la fraction qui renferme γ, et que dans ce développement on néglige les termes dans lesquels γ entre avec un exposant supérieur à un attendu que γ contient les facteurs σ et λ, qui sont assez petits pour que toutes leurs puissances, à partir de la deuxième, soient négligeables, ce qui d'ailleurs a été admis dans les calculs précédents, on arrive à l'équation

$$(21) \qquad \frac{T_2}{T_1} = \frac{v_2}{v_1}\left(1-\gamma\frac{v_1^2-v_2^2}{R+\delta}\right)$$

L'ensemble de ces expressions fait très nettement voir la relation qui lie T_1 et T_2 à la vitesse de rotation et à l'intensité qui dépend de cette vitesse, ainsi que le rapport qui existe entre les deux travaux. On peut, en définitive, employer ces équations pour régler la marche des machines, de façon à avoir dans des conditions données le rendement le plus favorable.

A propos de ce rendement, on cite quelquefois un principe posé en 1840 par M. H. Jacobi au sujet de l'action d'une machine magnéto-électrique de construction assez ancienne, mise en mouvement par un courant galvanique. M. H. Jacobi disait : « La quantité de zinc dissous, lorsque la machine est au repos et ne travaille pas du tout, est double de celle qui se dissout lorsque cette même machine produit son travail maximum [1]. » On a appliqué ce principe en le modifiant dans sa forme au cas du transport de la force par des machines dynamo-électriques, et l'on est arrivé, en considérant les vitesses de rotation comme les variables qui déterminent l'intensité du courant, à cette conclusion que le maximum de l'effet utile s'obtenait lorsque les vitesses de rotation étaient dans le rapport de 1 à 2.

Il convient tout d'abord de remarquer que le fait énoncé par Jacobi résulte d'hypothèses qui n'ont rien de rigoureux; la première de ces hypothèses est la suivante : « L'énergie du magnétisme qui prend naissance dans un noyau de fer doux sous l'influence d'un courant galvanique est proportionnelle à l'énergie de ce dernier courant. »

Il n'y a rien d'étonnant à ce que la conclusion ne soit pas absolument exacte. D'autre part, le phénomène dont il s'agit plus haut est un phénomène nettement défini, dans lequel une batterie de piles, dont le travail est soumis à des lois précises, est prise comme source de la force motrice; quand on passe au transport de la force à l'aide de machines dynamo-électriques, on a affaire à d'autres sources de forces, et le travail dont on dispose peut se présenter sous diverses formes. Il est donc rationnel, si l'on veut rechercher le maximum du travail transporté, de poser tout d'abord bien nettement les conditions dans lesquelles ce maximum devra être réalisé.

§ 4. — *Détermination du travail* T_2 *dans le cas où l'on considère la vitesse* v_1 *comme donnée.*

Nous venons de dire que la force motrice qui commande le mouvement de la première machine peut se présenter à nous sous différents aspects. Pour rester dans cet ordre d'idées, nous supposerons d'abord que cette force est de nature à nous fournir un travail quelconque, quelque grand qu'il puisse être, de telle sorte que le travail T_1 disponible pour la première machine se trouve illimité. Ce serait, par exemple, le cas où l'on disposerait d'une force hydraulique qui resterait toujours supérieure aux besoins de la machine, alors même que le travail dépensé atteindrait sa plus haute valeur. Le problème qui se pose est de savoir comment on détermine dans ces conditions le travail maximum T_2 fourni par la deuxième machine.

Pour que T_2 soit grand, il faut, d'après l'équation 15, que v_2 et i soient grands, et, d'un autre côté, une grande valeur donnée à i entraîne, d'a-

[1] Jacobi. — *Comptes rendus de l'Association Britannique, 1840, et Annales de Poggendorf, 51, p. 358, 1840.*

près l'équation 12, une grande valeur pour la différence $v_1 - v_2$. Il faut donc que v_2 et $v_1 - v_2$ soient grands tous deux, condition qui ne peut être réalisée que si v_1 lui-même est grand, et la première nécessité qui s'impose pour atteindre une grande valeur de T_2 est de donner à v_1, c'est-à-dire à la vitesse de rotation de la première machine une valeur aussi élevée que possible. Mais nous rencontrons ici des difficultés mécaniques qui ne permettent pas à la vitesse de rotation de dépasser certaines limites; nous supposerons que l'on se donne la valeur de v_1, qui représentera, dans ce cas, la vitesse de rotation maxima qu'il soit possible d'obtenir.

Dans ces conditions, il n'y a plus que la vitesse v_2 qui demeure indéterminée, et l'on peut considérer le travail T_2 comme une fonction de cette vitesse. Pour déterminer cette fonction, nous nous servirons de l'équation 19

$$T_2 = \left[\left(R + \delta \right) \frac{v_2}{v_1 - v_2} - \gamma v_2^2 \right] i^2$$

dans laquelle nous pouvons remplacer i par l'expression 12.

Les quantités u et u', qui figurent dans cette dernière expression, sont, comme on le voit en se reportant aux formules 6 et 10, des fonctions de v_1 et de v_2, d'où il résulte que l'expression générale de T_2, ainsi obtenue, est encore une fonction de v_1 et de v_2.

En définitive, comme nous considérons v_1 comme une quantité donnée, nous pouvons dire que T_2 se trouve exprimé en fonction de la seule variable v_2.

Pour déterminer la vitesse de v_2, qui correspond au maximum de T_2, il n'y a plus qu'à appliquer le procédé ordinaire, qui consiste à prendre la différentielle de T_2 par rapport à v_2, et à égaler à zéro le coefficient différentiel ainsi obtenu : les valeurs qui satisfont cette dernière équation sont précisément celles que l'on cherche.

Ce calcul n'est pas sans présenter certaines difficultés, attendu que v_2 entre un grand nombre de fois dans l'équation, et cela dans des termes qui ne sont pas de forme simple ; ces difficultés sont loin de disparaître, même lorsque l'on remplace les facteurs σ et λ par des valeurs approchées, ce qu'il est permis de faire, étant donnée la nature de ces quantités. Nous nous bornerons à effectuer le calcul pour un cas spécial dans certaines hypothèses qui facilitent les opérations, et nous aurons ainsi au moins une idée approchée de la valeur qu'il convient de donner à v_2 au point de vue qui nous occupe. La constante c, qui est égale à $(e - a)\,p$, peut devenir positive, égale à zéro ou négative, suivant les valeurs relatives de c et de a : nous admettrons le cas particulier où c est égal à zéro. Dans ces conditions, l'expression de i prend la forme simple

$$i = pu' - b.$$

En second lieu, nous négligerons dans le calcul tous les termes qui renferment les facteurs ρ, σ et λ, ce qui nous conduit à poser u' égal à $\frac{v_1 - v_2}{R}$ et les quantités γ et δ égales à zéro. L'équation de T_2 devient :

$$T_2 = R \frac{v_2}{v_1 - v_2} \left(p \frac{v_1 - v_2}{R} - b \right)^2 \tag{22}$$

En différentiant l'équation par rapport à v_2, on obtient :

$$\frac{dT_2}{dv_2} = \frac{1}{(v_1 - v_2)^2} \left(p \frac{v_1 - v_2}{R} - b \right) \left(2pv_2^2 - 3pv_1v_2 + pv_1^2 - Rbv_1 \right) \tag{23}$$

Si nous voulons que le membre de droite soit égal à zéro, il faut que l'un des trois facteurs qui le composent devienne nul.

Il est évident que le premier facteur ne peut être égal à zéro. Le deuxième facteur

$$p \frac{v_1 - v_2}{R} - b$$

représente l'intensité i et ne peut dans le cas qui nous occupe s'annuler. Il nous reste donc à écrire que le troisième facteur est égal à zéro, ce qui donne pour déterminer v_2 l'équation

$$2pv_2^2 - 3pv_1v_2 + pv_1^2 - Rbv_1 = 0 \tag{24}$$

d'où l'on tire

$$v_2 = \frac{3}{4} v_1 \pm \sqrt{\frac{1}{16} v_1^2 + \frac{Rbv_1}{2p}}$$

Si l'on prend le radical avec le signe plus, on trouve pour v_2 une valeur supérieure à celle de v_1 ; le signe d'en haut doit donc être rejeté. Il y a lieu de choisir le deuxième signe, ce qui conduit, après une simple transformation, à l'expression

$$v_2 = v_1 \left(\frac{3}{4} - \frac{1}{4} \sqrt{1 + 8 \frac{Rb}{pv_1}} \right) \tag{25}$$

Cette équation fait voir que la valeur de v_2 qui correspond au maximum de T_2 n'est pas, comme on serait tenté de le croire, d'après l'opinion exprimée plus haut, égale à $v_1/2$, mais qu'elle s'approche de cette dernière valeur lorsque v_1 augmente.

§ 5. — *Détermination du travail* T_2 *dans le cas où l'on considère le travail* T_1 *comme donné.*

La deuxième hypothèse relative à la nature de la force motrice appliquée à la première machine,

consiste à supposer que le travail T_1 fourni par cette force conserve une valeur déterminée. On se demande comment dans ces conditions le travail T_2 récupéré à la seconde machine, varie avec l'allure des machines.

Il faut tout d'abord remarquer que si l'on se donne T_1, il n'y a plus qu'une seule des vitesses de rotation v_1 et v_2 que l'on puisse faire varier. En effet, les cinq quantités v_1, v_2, T_1, T_2 et i étant reliées par les trois équations III, V et 3, il est toujours possible, lorque l'on connaît deux de ces quantités, de déterminer les trois autres. Nous choisirons la vitesse v_1 comme devant servir à côté de T_1 à fixer la valeur des autres quantités i, v_2 et T_2.

Pour déterminer i en fonction de T_1 et de v_1, nous emploierons l'équation III

$$T_1 = \left[\frac{e+i}{(a+i)(b+i)} p v_1 + \left(\frac{l}{a+i}\right)^2 \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right) v_1^2 \right] i^2$$

à laquelle nous pouvons donner la forme :

$$(26) \qquad \frac{(e+i)i^2}{(a+i)(b+i)} = \frac{T_1}{p v_1} - \left(\frac{li}{a+i}\right)^2 \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right) \frac{v_1}{p}$$

Cette équation est difficile à résoudre par rapport à i, parce que le membre de droite renferme i au dénominateur à une puissance plus élevée que le membre de gauche. Mais il est bon de remarquer que le membre de droite contient les facteurs λ et σ qui sont assez petits pour que l'on puisse négliger les quantités dans lesquelles ces facteurs entrent à une puissance autre que la première. Cette circonstance va permettre de simplifier les calculs. Nous déterminerons d'abord la valeur de i, obtenue en négligeant dans l'équation précédente les termes en σ et en λ. Désignons par i' la valeur ainsi obtenue et déterminée par l'équation

$$(27) \qquad \frac{(e+i')i'^2}{(a+i')(b+i')} = \frac{T_1}{p v_1}$$

La valeur de i' qui résulte de cette formule, ne peut différer de celle de i que d'une quantité de même ordre que σ et λ, et si nous reprenons maintenant l'équation 26 en remplaçant, dans les termes qui renferment σ et λ, i par i', l'erreur introduite dans l'expression de droite est du second ordre par rapport à σ et à λ, et peut par conséquent être négligée. Nous obtenons à la place de l'équation 26, l'équation suivante :

$$(28) \qquad \frac{(e+i)i^2}{(a+i)(b+i)} = \frac{T_1}{p v_1} - \left(\frac{li'}{a+i'}\right)^2 \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i'}\right) \frac{v_1}{p}$$

Nous simplifierons encore cette relation en posant

$$(29) \qquad Z = \frac{T_1}{p v_1} - \left(\frac{li'}{a+i'}\right)^2 \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i'}\right) \frac{v_1}{p}$$

ce qui donne finalement :

$$(30) \qquad \frac{(e+i)i^2}{(a+i)(b+i)} = z$$

Les deux équations 27 et 30 sont de la même forme, de sorte que la solution de la deuxième s'applique aussi à la première. Si nous prenons l'équation 30 nous arrivons, en la multipliant par le facteur $(a+i)(b+i)$, à lui donner la forme ordinaire d'une équation du troisième degré.

$$(31) \qquad i^3 - (z-e)i^2 - (a+b)zi - abz = o.$$

Nous appliquerons à cette équation le procédé habituel pour la solution des équations du même degré. Des trois racines que l'on obtient ainsi, deux doivent être rejetées à cause de leur signe et une seule est applicable : voici comment on détermine cette dernière racine.

Soit φ l'angle compris entre o et π qui satisfait la relation.

$$(32) \qquad \frac{\cos\varphi = (z-e)^3 + \frac{9}{2}(a+b)(z-e)z + \frac{27}{2}abz}{\sqrt{[(z-e)^2 + 3(a+b)z]^3}}$$

i sera donné alors par l'expression

$$(33) \qquad i = \frac{1}{3}(z-e) + \frac{2}{3}\sqrt{(z-e)^2 + 3(a+b)z} \cdot \cos\frac{\varphi}{3}$$

Pour ce qui concerne le cosinus qui se trouve facteur du dernier terme de l'expression ci-dessus, on voit d'après l'équation 32 que lorsque z croît de o à ∞, l'angle π décroît de π à o, d'où il résulte que $\varphi/3$ décroît de $\frac{\pi}{3}$ à o, et que $\cos\varphi/3$ augmente de 1/2 à 1. Mais il faut remarquer que z croît très rapidement, de telle sorte que pour les valeurs de z admises dans la pratique, $\cos\varphi/3$ n'est pas très différent de 1.

Ceci posé, les équations 32 et 33 peuvent servir à deux fins. Si l'on remplace z par $\frac{T_1}{p v_1}$ elles représentent la solution de l'équation 27 et donnent la valeur approchée de i, que nous avons désignée par la notation i'. En portant cette valeur dans l'expression 29 on obtient la quantité z, et connaissant z on reprend les équations 32 et 33 pour calculer une valeur plus approchée de i.

Du moment que l'on a déterminé par ce procédé l'intensité i, la première des trois quantités dont nous avons parlé plus haut, la détermination des deux autres ne présente plus aucune difficulté.

Pour calculer v_2 on peut se servir de la formule 5. Cette équation est du second degré et peut être résolue comme telle, mais il est possible d'apporter ici aussi des simplifications dans le calcul, en tenant compte de ce que le carré de v se présente accompagné des petits facteurs σ et λ.

A cet effet, nous écrirons l'équation sous la forme :

$$(34)\quad v_2 = \frac{\frac{e+i}{(a+i)(b+i)} p v_1 - R - \rho v_1 - \left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right)\left(v_1^2 + v_2^2\right)}{\frac{e+i}{(a+i)(b+i)} p + \rho}$$

On peut tout d'abord négliger le dernier terme du numérateur et calculer à l'aide de l'équation ainsi abrégée, une valeur approchée de v_2. Puis on portera cette valeur de v_2 dans le dernier terme et on obtiendra par un deuxième calcul une valeur plus exacte de v_2.

Connaissant v_2, il ne reste plus qu'à déterminer la dernière quantité qu'il importe surtout de connaître, et qui est le travail T_2 fourni par la deuxième machine; l'équation 20 va nous servir à calculer T_2. Nous écrirons cette équation en remplaçant γ et δ par leurs valeurs :

$$(35)\quad \begin{cases} T_2 = T_1 - \Big[R + \rho (v_1 + v_2) \\ + \left(1 + \frac{l^2}{(a+i)^2}\right)\left(\sigma + \frac{\lambda}{b+i}\right)\left(v_1^2 + v_2^2\right) \Big] i^2 \end{cases}$$

Cette équation dans laquelle le deuxième terme de droite est négatif et accompagné du facteur i^2 fait voir que T_2 est d'autant plus grand, c'est-à-dire s'approche d'autant plus de la quantité donnée T_1 que i est plus petit. Mais d'après l'équation 33, i décroît en même temps que z et comme dans l'expression de z (29); le terme principal est la fraction $\frac{T_1}{p v_1}$, z diminue lorsque v_1 augmente, il en résulte que i diminue aussi lorsque v_1 augmente et l'on est amené à cette conclusion que la valeur de T_2 est d'autant plus élevée que l'on prend v_1 plus grand. La pratique justifie absolument ces résultats, car on sait qu'il faut, pour augmenter autant que possible T_2 par rapport à T_1, pousser jusqu'à sa dernière limite la vitesse de rotation de la première machine.

La vitesse v_2 de la deuxième machine, comme on le voit d'après l'expression 34, augmente à mesure que v_1 croît et que i diminue. Mais d'après ce que nous avons dit un peu plus haut, pour une valeur donnée de T_1, i diminue par cela même que l'on donne un accroissement à v_1, d'où il résulte que si v_1 augmente, v_2 se trouvera augmenté dans une plus forte mesure que v_1 (34).

D'après ce qui précède, il est inutile d'ajouter que, dans ces conditions, le travail T_1 étant supposé donné, il ne saurait être question d'un rapport déterminé entre v_2 et v_1, pour lequel T_2 serait maximum.

Dans ce chapitre, nous nous sommes donné les quantités T_1 et v_1 et nous avons déterminé i, v_2 et T_2; dans le chapitre précédent, nous nous étions servi des vitesses v_1 et v_2 pour déterminer l'intensité i et le travail T_2; il reste encore toute une série de calculs que l'on peut effectuer en partant des mêmes équations puisqu'il suffit de choisir une des cinq quantités i, v_1, v_2, T_1 et T_2 pour qu'il soit possible de déterminer les trois autres. Nous nous bornerons ici aux calculs que nous venons de développer à titre d'exemple, et qui se rattachent à deux cas importants dans la pratique.

Peut-être serait-il à souhaiter que les résultats auxquels nous avons été conduits eussent, au point de vue de leur application pratique, une forme plus simple, mais il est bon de remarquer que nous nous sommes surtout astreints à conserver à ces résultats toute leur exactitude et c'est pourquoi nous avons négligé les puissances élevées de σ et de λ seules. Si l'on veut se contenter d'une approximation moins grande, on peut naturellement simplifier les calculs aussi bien que les formules finales. Une fois les conclusions théoriques auxquelles mènent les équations établies, rien ne s'oppose à ce que l'on représente les résultats au moyen de formules d'un usage plus commode et d'une rigueur suffisante en ce qui concerne les exigences de la pratique. Mais ce sont des transformations dans lesquelles je ne veux pas entrer, car elles sortent du sujet que je me suis proposé de traiter.

R. Clausius.

Bonn, janvier 1884.

REVUE

DE

L'EXPOSITION DE VIENNE

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE. — APPAREILS MÉDICAUX.

Les appareils télégraphiques étaient en très grand nombre à Vienne; ils étaient, d'une façon générale, disposés par groupes formant les expositions des divers Etats ou celles de quelques constructeurs.

Naturellement, les appareils historiques étaient en grand nombre; on y retrouvait à peu près tous ceux que l'on avait vus à Paris en 1881, et si quelques-uns manquaient à l'appel, d'autres, au contraire venaient combler les vides qui avaient existé en 1881. Les plus intéressants de ces appareils ont déjà été décrits dans ce recueil.

Parmi les appareils modernes, nous avons remarqué, pour ce qui se rapporte au système Morse, le nouveau mode d'encrage de M. Lefilleul, qui remplace le tampon de drap par un encrage par

capillarité, et l'appareil Estienne, dans lequel les points sont remplacés par des traits transversaux et les traits ordinaires par deux traits transversaux juxtaposés.

Les imprimeurs du type Hughes avaient été l'objet de diverses modifications, c'est ainsi que l'on trouvait dans l'exposition française un de ces appareils modifiés pour l'application aux lignes souterraines ; dans l'exposition italienne, le nouveau modèle d'imprimeur de Lucchesini ; dans la section autrichienne, l'imprimeur à cinq touches de Lamberg.

Parmi les relais, ceux de Lucchesini, le relais *Standard* du Post-Office, le relais Baudot, celui de la Great Northern Telegraph Company, le relais d'Arlincourt-Villot et le relais translateur des

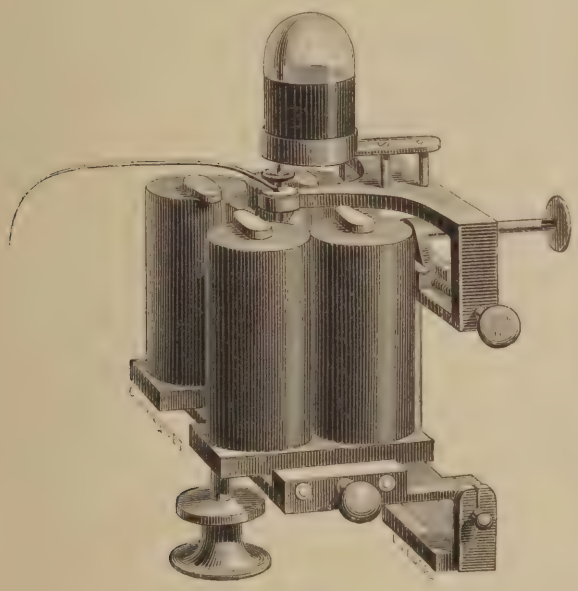


FIG. 1

mêmes inventeurs, formaient une série intéressante, à laquelle il faut ajouter les translateurs rapides déjà décrits à l'occasion de l'Exposition de 1881.

Citons encore le poste de translateurs de la Great Northern Company en usage soit sur les longues lignes aériennes, soit pour passer d'une ligne aérienne à une ligne sous-marine. Il s'applique au système de l'ondulateur danois.

Ce dernier (fig. 1), dont le principe est très simple, a pour organe récepteur principal un X en acier, aimanté oscillant sur pointes entre les 8 pôles de 4 électro-aimants, et entraînant dans ses mouvements un petit tube très fini qu'un réservoir maintient rempli d'encre.

Le siphon-recorder de Sir William Thomson figurait aussi à Vienne avec cette modification que le double électro-aimant était remplacé par un aimant permanent en fer à cheval ; sauf les changements de détail, nécessités par cette modification, les organes principaux étaient restés les mêmes.

Plusieurs appareils rapides fondés sur divers

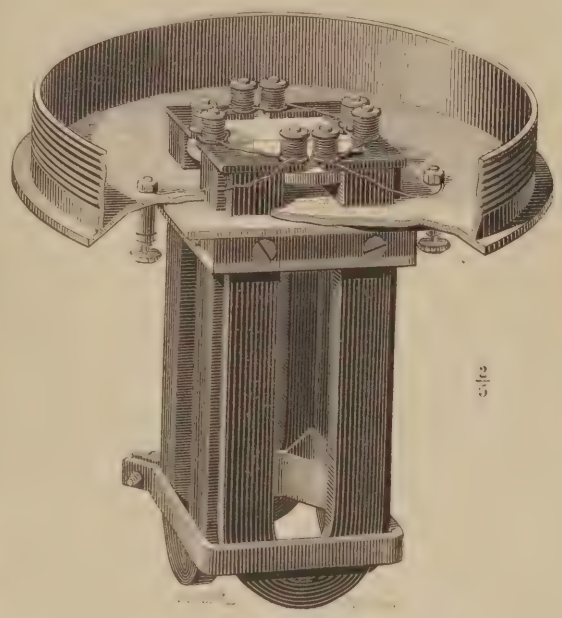


FIG. 2

principes étaient exposés, le Wheatstone, l'appareil multiple de Meyer, l'appareil autrichien de

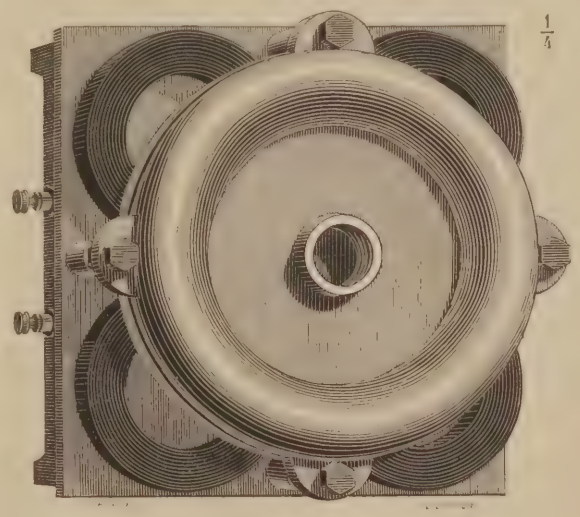


FIG. 3

Bauer présentaient des types perfectionnés. On remarquait en outre les Hughes Duplex, de Teufelhart (Autriche) et de P. Terral (France), et le quadruplex du Post Office anglais.

Il faut enfin citer différents appareils accessoires parmi lesquels les plus remarquables étaient les commutateurs automatiques de M. Lacoine exposés dans la section ottomane.

Nous avons passé de tous ces appareils télégraphiques une revue rapide. La plupart d'entre eux sont trop importants pour être décrits en quelques mots, aussi nous contentons-nous de les signaler aujourd'hui, nous réservant de leur consacrer plus tard des articles spéciaux.

Un point à noter relativement à la télégraphie était la multiplicité des appareils de télégraphie militaire exposés par les différentes puissances.

Toutes ces expositions témoignaient d'une grande attention apportée à cette branche de la télégraphie, et il est à remarquer que l'exposition la plus intéressante et la plus complète à ce point de vue était précisément celle d'un pays peu guerrier, le Danemark. Dans un fort petit espace (fig. 4), on avait groupé une installation fort bien comprise de télégraphie de campagne et d'intéressantes dispositions pouur la manœuvre des torpilles. Nous aurons d'ailleurs occasion de revenir sur tous ces systèmes.

En téléphonie, l'Exposition de Vienne présentait peut-être moins d'intérêt que pour la télégraphie.

La plupart des appareils dont nous avons fait mention à propos de l'Exposition de Munich s'y retrouvaient.

L'attention était attirée principalement par les auditions téléphoniques très réussies, par quelques types de téléphones puissants comme celui de Walla, déjà signalé par M. Samuel, et par l'appel magnétique de M. Abdank Abakanovich déjà décrit également.

Parmi les types des téléphones non encore décrits dans ce recueil, nous citerons le téléphone à 8 bobines de M. Goloubitzki (fig. 2 et 3), le type à 4 bobines du même inventeur (fig. 4), le téléphone Bœttcher (fig. 5), dont l'aimant est suspendu à des ressorts, de manière à lui permettre d'effectuer des vibrations comme la plaque elle-même.

Comme microphone, nous signalerons celui de M. d'Argy (fig. 6), dont nous avons déjà parlé, et dont l'organe principal est formé d'un petit tube de caoutchouc contenant de la poudre de charbon entre deux disques de même nature, le tout fixé à la planchette vibrante, comme le montre la figure. Ce téléphone donne de bons résultats, même sans bobine d'induction.

Un grand nombre de postes téléphoniques étaient exposés. Nous mentionnerons le poste Blake (fig. 3), aujourd'hui très employé, et qui combine l'emploi de la pile pour le microphone avec un appel magnétique genre Siemens, et le système pour bureaux téléphoniques de M. Preece, qui sera l'objet d'une description spéciale.

Appareils médicaux

Les appareils médicaux étaient largement représentés à Vienne, mais cette partie de l'Exposition reproduisait presque complètement celle de Munich ; on y retrouvait les mêmes appareils exposés par les mêmes fabricants. Aussi n'aurions-nous pas à y revenir si nous ne faisions une exception pour les appareils exposés par le Dr Boudet de Paris, et qui eux ne se trouvaient pas à Munich.

Parmi les nombreux appareils exposés par le Dr Boudet de Paris, deux surtout ont paru fixer l'attention du public scientifique de l'exposition ; ce sont : *le pont différentiel à induction* et le *condensateur médical*. Ces deux instruments sont, en effet, directement applicables à la pratique de l'électrothérapie, aussi bien pour le diagnostic que pour le traitement d'un grand nombre d'affections des systèmes nerveux et musculaire.

Au mois d'octobre, le Dr Boudet de Paris fit à Vienne une conférence publique dans laquelle il démontra le fonctionnement des principaux appareils exposés par lui ; nous empruntons au texte même de cette conférence, la description des deux instruments, ou plutôt, des deux méthodes auxquelles nous faisons allusion :

1° *Mesure des excitabilités au moyen du pont différentiel à induction.*

« ... Je vais vous montrer maintenant et faire « fonctionner devant vous une autre série d'ap« pareils parmi lesquels le microphone n'occupe « plus qu'un rôle secondaire ; il s'agit de divers « instruments que j'ai imaginés pour *mesurer*, « c'est-à-dire pour évaluer en quantités connues « et définies les diverses excitatilités nerveuse et « musculaire.

« Supposez un malade se plaignant d'une dimi« nution de l'ouïe et allant consulter un médecin « spécialiste. Celui-ci constate une perte plus ou « moins complète de l'acuité auditive, en plaçant « sa montre à une certaine distance des oreilles « du sujet ; il arrive même, par ce moyen, à recon« naître qu'une oreille, la droite par exemple, est « plus malade que la gauche, étant données les « distances relatives auxquelles le tic-tac de la « montre est perçu. C'est là un moyen de dia« gnostic très simple, mais en même temps bien « imparfait. Suffit-il, en effet, de constater que le « malade entend moins bien qu'un autre ? Non, « puisque c'est cette raison qui l'amène chez le « médecin. Et quand vous avez reconnu que

« l'oreille droite est plus faible que la gauche, « avez-vous fait un grand pas dans le diagnostic « de l'état du malade ? Non encore, puisque sou- « vent il est le premier à vous informer de ce fait. « Ce qu'il faut, en pareil cas, c'est évaluer exac- « tement la diminution de son acuité auditive par « rapport à la normale.

« Je sais bien qu'on mesure en centimètres les « distances auxquelles le sujet entend la montre ; « mais toutes les montres n'ont pas le même tic- « tac ; et puis, qu'on fasse un peu de bruit dans la « rue, et votre mensuration devient impossible « ou incertaine. Ici encore, l'électricité va nous « fournir le moyen d'arriver à un diagnostic précis « en même temps qu'elle nous donnera un étalon « de mesure accepté partout aujourd'hui et basé,

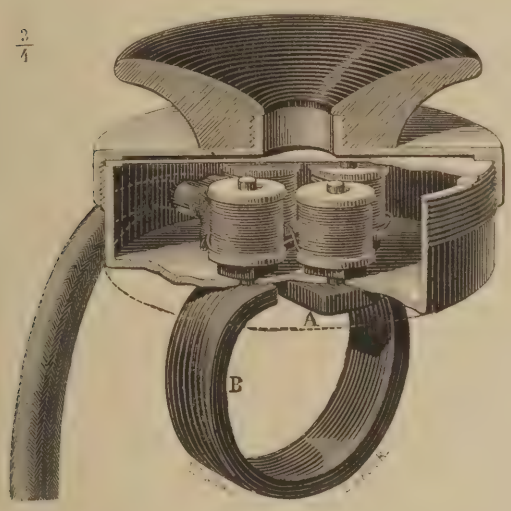


FIG. 4

« comme tous les autres, sur le système décimal; « je veux parler de l'unité de résistance élec- « trique, l'*ohm*.

« Voici d'ailleurs en quoi consiste ce système « de mesure. Trois fils de cuivre, de même dia- « mètre et de même longueur sont enroulés en- « semble pour former une petite bobine triple, de « quelques centimètres de hauteur. Deux de ces « fils doivent servir d'inducteurs, le troisième « jouera le rôle d'induit; celui-là a ses deux extré- « mités reliées à un téléphone. Les deux fils in- « ducteurs ont leurs extrémités disposées de telle « sorte que le courant inducteur les traverse en « sens contraire; de plus, dans le circuit de l'un « d'eux, on intercale un rhéostat qui permet d'ajou- « ter depuis un ohm jusqu'à quarante mille ohms « à la résistance propre de ce fil. Enfin, le cou- « rant de la pile avant d'arriver aux extrémités du « circuit inducteur, traverse un vibrateur spécial, « microphone ou diapason interrupteur.

« Mettons le diapason en marche et voyons ce « qui va se passer. Le courant traversant les deux « fils inducteurs en sens inverse, et ceux-ci ayant « la même résistance, se divise en deux moitiés « parfaitement égales qui agissent en sens con-

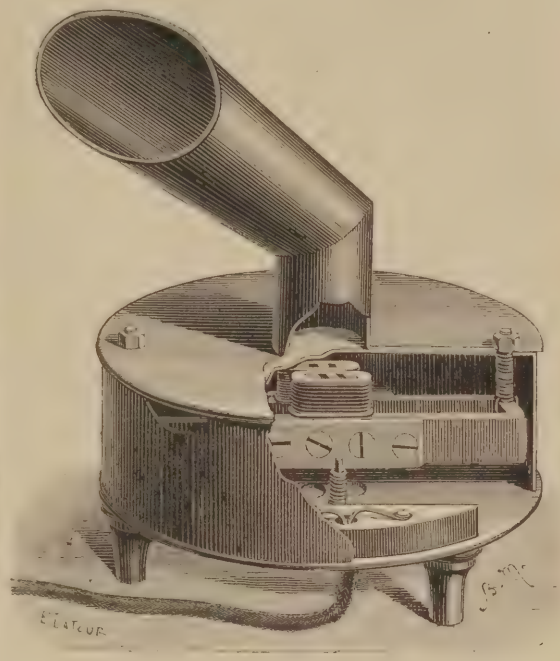


FIG. 5

« traire et se neutralisent, il n'y a donc pas d'effet « produit sur le troisième fil et le téléphone reste « muet. Mais changeons la résistance de l'un des

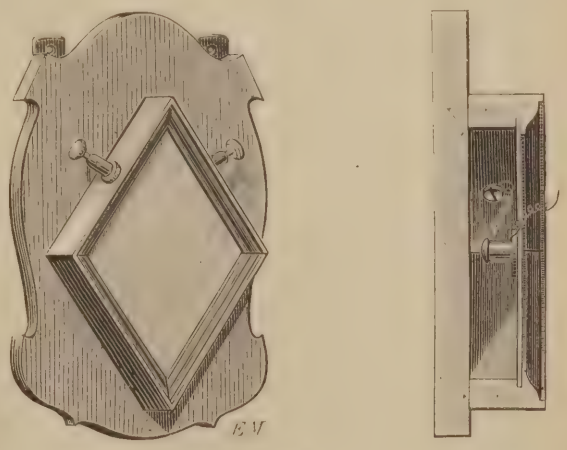


FIG. 6

« inducteurs en ouvrant une des bornes du rhéos- « tat, en ajoutant 10 ohms, par exemple. L'équi- « libre est aussitôt rompu ; une des branches in- « ductrices devient plus puissante que l'autre ;

« différence d'action des deux branches agissant « dans un seul sens, l'induction est produite, et le « téléphone se met à vibrer à l'unisson du diapa- « son. L'intensité du son qu'il fournit est propor- « tionnelle à 10, c'est-à-dire à la résistance ajou- « tée, ajoutons cent, mille ohms, le son augmente « encore, proportionnellement à ces nouvelles « quantités.

« Vous comprenez maintenant le maniement de « cet instrument. A l'état normal, une oreille saine « doit entendre le diapason dans le téléphone avec

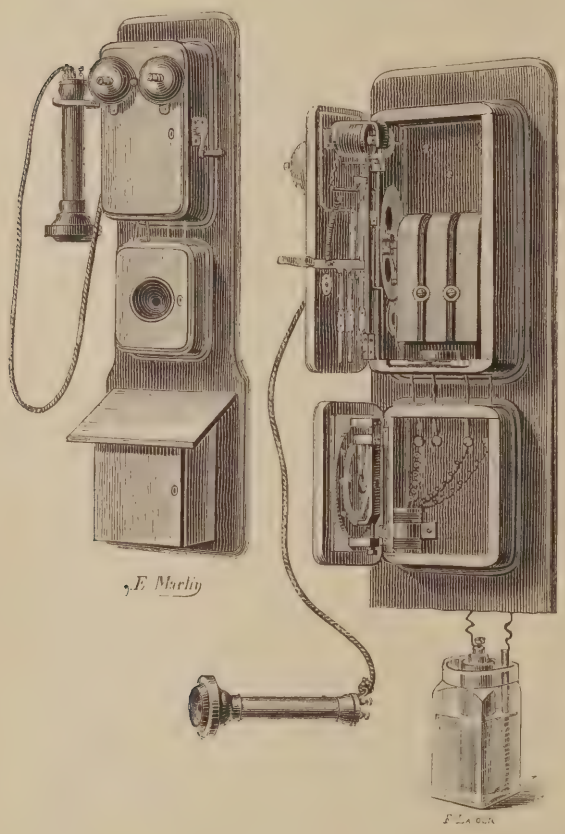


FIG. 7

« une résistance additionnelle de un ohm environ, « bien qu'il y ait d'assez grandes différences indi- « viduelles à cet égard. Si, chez un malade, je suis « obligé d'intercaler 100 ohms pour qu'il perçoive « le son téléphonique, cela m'indique que son « oreille est quatre-vingt-dix-neuf fois plus faible « que la normale.

« Quant à la valeur absolue de l'unité auditive, « on la déduit d'un calcul fort simple, basé sur « l'intensité du courant inducteur, la résistance « des fils de la bobine et le nombre des vibrations « du diapason. Quand j'ai présenté cet appareil « pour la première fois, j'ai fourni en même temps « les formules au moyen desquelles on peut éva- « luer, en fractions de kilogrammètre, l'énergie « représentée par le courant induit et, par suite, « le degré de sensibilité de l'organe soumis à cette « excitation. En somme, cet appareil me fournit « un courant induit d'une intensité variable à vo- « lonté, mais toujours facile à évaluer en unités « bien définies. Quant à ce courant, je puis le « transformer en vibrations sonores, au moyen « du téléphone, et avoir une série d'étalons so- « nores pour mesurer l'acuité auditive; ou bien je « puis l'employer directement comme excitant des « nerfs moteurs ou sensitifs, et, par suite, évaluer « leur sensibilité relative et absolue. Pratique- « ment, et surtout au point de vue clinique, la « simple lecture du nombre d'*unités de résistance* « ouvertes dans le rhéostat, pour obtenir un effet « voulu, suffit pour relever des observations qui « restent toujours comparables.

« Voici, par exemple, une grenouille dont le « muscle jarretier est relié par un fil à un long « bras du levier destiné à amplifier ses mouve- « ments et à les rendre visibles de loin. Le nerf « crural a été mis à nu et repose sur les deux « branches d'un excitateur. J'enlève le téléphone « qui m'a servi tout à l'heure, et je mets les deux « extrémités du troisième fil de ma bobine en rap- « port avec les branches de l'excitateur, puis je « fais vibrer le diapason. Vous voyez que, pour « que le muscle entre en mouvement, c'est-à-dire « pour que son nerf moteur soit excité, il faut « ouvrir 32 ohms à la boîte des résistances; l'exci- « tabilité minima de ce nerf correspond donc à 32 « unités. A mesure que j'augmente la résistance « additionnelle dans l'un des inducteurs, vous « voyez l'amplitude de mouvements augmenter « proportionnellement, jusqu'à ce qu'elle atteigne « un maximum qu'elle ne peut plus dépasser. « Quant à la valeur absolue de l'excitabilité minima « du nerf moteur, nous l'aurions très facilement, « au moyen des calculs auxquels je faisais allusion « tout à l'heure.

« Mettons une goutte de solution de strychnine « sur la peau de cette grenouille, vous allez voir, « au bout de quelques instants, qu'il suffira d'une « résistance de 10 ohms pour que le muscle entre « en mouvement; l'excitabilité de son nerf a donc « augmenté de 22 unités, et là encore, le calcul « nous donnera la valeur absolue de cet accroisse- « ment d'excitabilité.

« Les mêmes mensurations peuvent s'appliquer « à l'étude de la sensibilité générale, et j'ai bien « souvent recours à ce moyen pour étudier les « *anesthésies* que l'on m'envoie en traitement. Je « peux suivre ainsi, jour par jour, le retour de la « sensibilité chez mes malades et constater les di- « verses phases de ce retour, selon que j'emploie « tel ou tel mode de traitement.

« Dans les cas de *paralysies*, cette mensuration

FIG. 5. — INSTALLATION DU DANEMARK A L'EXPOSITION DE VIENNE

« est encore plus importante, car elle me permet « de constater les résultats obtenus dans le retour « de la contractilité musculaire.

« Pour faciliter l'usage de ce système de mensuration et le rendre complètement pratique, j'ai « fait construire chez M. Gaiffe l'instrument que « vous voyez ici : dans une seule boîte de petit « volume (fig. 9) sont renfermés : la bobine à trois « fils, la pile, le rhéostat et le vibrateur. Pour faire « fonctionner l'appareil, il suffit de lever le bouton « du vibrateur et de mettre les divers excitateurs en « rapport avec la bobine. Toutes les explorations « cliniques dont je viens de vous parler sont possibles avec cet instrument qui, je le répète, permet « de doser l'excitation électrique et ses transformations aussi exactement que l'on dose un alcaloïde.

. . . . . .

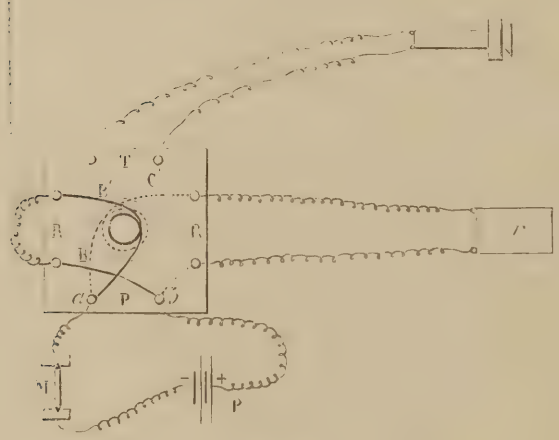


FIG. 9

2° *Excitation par la décharge d'un condensateur.*

« .... Les travaux de M. Guillemin ont démontré qu'un *condensateur* formé de lames d'étain « superposées et séparées par des feuilles de papier paraffiné, peut être chargé instantanément à « saturation avec une pile ordinaire, à cause de « l'énorme quantité d'électricité que celle-ci peut « fournir dans un laps de temps relativement « court.

« Dans les laboratoires de physique, la charge « du condensateur par la pile permet de mesurer « facilement les quantités d'électricité employées, « puisqu'il suffit pour cela de connaître la force « électromotrice de la pile et la capacité du condensateur.

« Il y a cinq ans environ, M. le professeur Marey « eut l'idée de recourir à ce moyen pour provoquer l'excitation des nerfs et des muscles. Un « condensateur, divisé en dixièmes et en centièmes « de microfarad, était alternativement chargé et « déchargé au moyen d'un style-contact qui oscillait, à des vitesses variables à volonté, entre l'un « des pôles de la pile et l'un des excitateurs placés sur l'animal en expérience. Ce contact oscillant était relié à l'une des armures du condensateur, l'autre armure étant en communication avec « l'autre pôle de la pile et le second excitateur ; la « valeur de chaque décharge pouvait être calculée « d'après le nombre des éléments en activité et la « surface de condensation utilisée.

« Depuis cette époque, j'ai adopté le même système pour certaines applications médicales de « l'électricité. En effet, il est de nombreux cas de « *paralysies périphériques* et d'*atrophies musculaires*, dans lesquels l'excitation par les bobines « d'induction reste absolument sans effet ; quelle

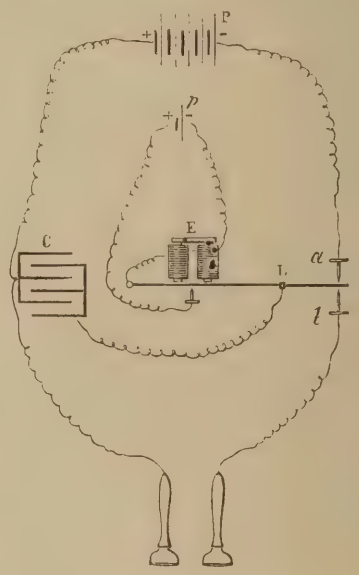


FIG. 10

« que soit l'intensité du courant inducteur, on « n'observe souvent aucune contraction musculaire « correspondante, bien que la douleur produite par « l'excitation des nerfs sensitifs puisse être presque « intolérable. Les courants induits, employés par « la majorité des médecins, ont trop de *tension* et « pas assez de *quantité;* le choc qu'ils déterminent « dans les tissus nerveux et musculaires est trop « brusque et, lorsqu'il s'agit de muscles atrophiés « capables de se contracter encore, il peut arriver « que ce choc, fréquemment répété, détermine « très rapidement l'épuisement musculaire.

« J'ai substitué à l'excitation faradique celle produite par la décharge du condensateur, et depuis « plusieurs années que j'ai recours à ce moyen, « les résultats se sont montrés constamment favorables.

« D'une manière générale et alors même que les « nerfs moteurs et les muscles ont conservé une

« excitabilité suffisante pour être impressionnés « par les courants d'induction, je préfère l'usage « du condensateur qui me permet d'évaluer rapidement la quantité d'électricité mise en jeu pour « obtenir un effet voulu; le traitement électrique « acquiert ainsi une précision absolue.

« Voici maintenant comment doivent être disposés les appareils nécessaires à ce mode d'électrisation. Il faut avoir à sa disposition (fig. 10) :

« 1° Une *batterie galvanique* de 30 à 40 éléments Daniell ou Leclanché, comme celles qui « servent à l'application des courants continus;

« 2° Un *condensateur*, formé de lames d'étain séparées par du papier paraffiné ou des feuilles de « mica ; ces lames d'étain sont réunies en deux séries pour former les deux armures et offrent une « surface telle que la capacité du condensateur représente au moins *un demi-microfarad;*

« 3° Une clef de Morse à double contact, ou « mieux un *vibrateur automatique*, composé d'un « électro-aimant agissant sur une armature dont « l'extrémité, isolée au moyen d'une rondelle d'ébonite, peut vibrer entre deux contacts en platine ;

« 4° Une paire de *tampons* ordinaires ou de « plaques excitatrices avec leurs fils conducteurs.

« Le vibrateur est mis et maintenu en mouvement, soit au moyen d'une petite pile séparée, « soit par une dérivation prise sur les deux premiers « éléments de la batterie de charge.

« L'extrémité isolée de l'armature du vibrateur « est mise en rapport, par un fil souple, avec l'une « des armures du condensateur; l'un des contacts « entre lesquels elle oscille correspond avec la « pile, l'autre avec l'un des tampons excitateurs; « la seconde armure du condensateur est reliée à « l'autre pôle de la pile et au second tampon.

« On comprend que chaque fois que l'extrémité « de l'armature du vibrateur entre en contact avec « la borne *a*, le condensateur se trouve chargé par « la pile; chaque fois qu'elle touche la borne *b*, la « connexion est rompue avec la pile, et la décharge « du condensateur traverse les tampons et la partie « du corps intercalée entre eux. La vitesse des « oscillations peut être modifiée à volonté au moyen « d'une vis de réglage. Quant à la grandeur même « des décharges, on la fait varier en mettant plus « ou moins d'éléments de pile en activité, au moyen « d'un collecteur.

« Un des principaux avantages de ce système est « de donner un courant toujours de même sens, « tandis que les induits ordinaires sont alternatifs. « En outre, la décharge de condensateur n'est « nullement douloureuse, et si l'on a le soin de se « servir d'excitateurs bien humides, on peut arriver à produire la contraction maxima des muscles, sans que le sujet électrisé accuse de sensation pénible du côté des téguments.

« Quelques formules très simples permettent « d'évaluer la capacité des condensateurs et, par « suite, l'énergie que représente leur décharge. « Dans la pratique, on peut simplifier beaucoup « l'emploi de ces formules en se servant d'un condensateur de capacité invariable, d'un microfarad, par exemple, et en prenant pour la batterie « de charge des éléments Daniell dont la force « électromotrice individuelle se rapproche beaucoup de l'unité. Les calculs deviennent alors « d'une simplicité enfantine et l'électrothérapeute, « peut les faire en moins de temps qu'il en faut à « un praticien expérimenté pour écrire une ordonnance.

« On sait ainsi, à chaque moment de l'électrisation quelle somme d'énergie, *en fractions de kilogrammètre*, on utilise pour exciter les muscles « et les nerfs des malades, et on trouve de suite « combien d'éléments il faut mettre en jeu pour « obtenir une somme d'énergie voulue. On peut « même rendre ces notions encore plus faciles au « moyen d'un tableau construit à l'avance; une « simple lecture suffit alors pour se mettre instantanément au courant des diverses opérations. »

Il est certain que les méthodes précises du genre de celles qui viennent d'être décrites sont appelées à remplacer, dans la pratique médicale, les anciens procédés tout empiriques et à ce titre méritent d'être signalées.

Cela n'empêche pas que les appareils généralement employés conservent leur utilité. Les piles à nombre d'éléments variables seront toujours un moyen d'excitation logique et facile à graduer, applicable dans certains cas particuliers; de même les bobines d'induction à chariot et autres dispositifs analogues offriront toujours des ressources que ne présentera pas la méthode plus précise du condensateur. On pourra d'ailleurs toujours se servir des méthodes précises pour obtenir par comparaison des indications quantitatives sur les appareils ordinaires.

AUG. GUEROUT.

L'AFFAIRE DRAWBAUGH

ET

L'INVENTION DU TÉLÉPHONE

Le correspondant anglais de *La Lumière Electrique* a déjà annoncé en quelques mots une nouvelle à sensation : la déchéance des brevets Bell, en Amérique, prononcée dans un procès tout récent.

Cent quarante-cinq témoins affirment, sous serment, avoir vu des téléphones et des microphones semblables à ceux qui sont maintenant en service

public; ils prétendent les avoir vus et entendus une dizaine d'années, à peu près, avant que Bell, Edison, Gray, Hughes ne les aient fait connaître, comme étant leur invention récente. M. Daniel Drawbaugh, un ouvrier inconnu, vivant loin du mouvement scientifique, les aurait inventés, construits, montrés à un grand nombre de personnes,

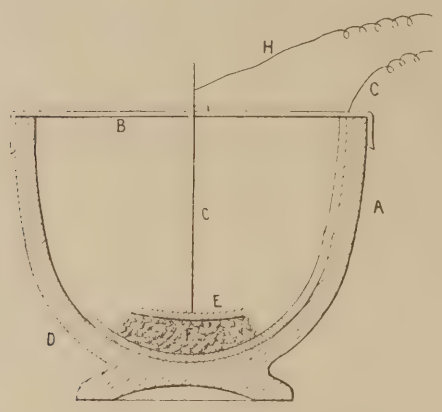


FIG. 1

dans le courant de l'année 1866. Toutes ces personnes, chose extraordinaire, ont tenu ces inventions secrètes jusqu'au moment où le merveilleux appareil a déjà pris une place importante dans le monde entier.

Si cette histoire s'était passée il y a une cinquantaine d'années, on pourrait admettre facilement qu'un inventeur quelconque, éloigné des centres de la vie scientifique et commerciale, eût pu faire des inventions admirables, sans que le monde entier, sauf son entourage, en eût connaissance. Mais la chose est presque inadmissible à notre époque où les nouvelles se répandent avec une rapidité prodigieuse. On ne peut admettre que M. Drawbaugh,

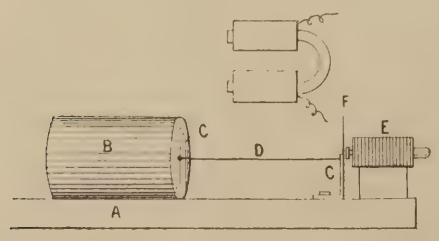


FIG. 2

ni ses amis, n'eurent aucune notion des rapides progrès de la téléphonie.

Dans toutes les péripéties par lesquelles les brevets téléphoniques ont eu à passer, dans tous les les procès retentissants où les associations les plus influentes, les savants les plus distingués ont joué une rôle, où des capitaux immenses ont été engagés, nous n'avons pas vu apparaître le nom de M. Drawbaugh. Il surgit maintenant, comme un *deus ex machina*, dans le procès que la Compagnie américaine du téléphone Bell a intenté à la *People Telephone C°* de New-York.

Une revendication aussi tardive est tout à fait extraordinaire!

Quoi qu'il en soit, nous donnons, d'après l'*Electrical Review*, la description et les figures des appareils revendiqués par M. Drawbaugh.

Les appareils qui, selon les témoins, ont été construits en 1866, sont représentés par les figures 1, 2 et 3. Le transmetteur se compose d'une tasse à thé D, sur laquelle est fixée une membrane B. Au centre de cette membrane est disposée une tige C, munie à son bout inférieur d'une plaque E, qui appuie sur une poudre métallique ou sur du charbon pulvérisé, lequel repose sur une autre plaque métallique qui sert d'électrode. Le courant entre par le fil H, traverse la poudre comprimée, et sort par le fond métallique de la tasse et le fil G.

C'est absolument le « *tension regulator* » d'Edison. Il se rapproche surtout de la forme que lui a donnée M. Righi. Les ondes sonores, qui viennent frapper la membrane B doivent fatalement faire varier l'intensité du courant.

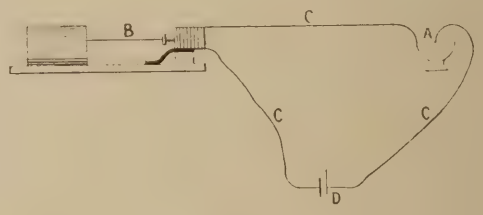


FIG. 3

Le récepteur (fig. 2) est un appareil qui ne diffère en rien de ceux que Bell a construits en premier lieu, sauf quelques modifications insignifiantes.

Sur une planchette A est fixée une boîte en ferblanc B (cette fois ayant servi à contenir de la moutarde) dont l'orifice est fermé par une membrane C. Un fil la réunit avec une armature en fer doux F, fixée sur un ressort, et faisant face aux pôles d'un électro-aimant E. Le courant de la pile, transformé en courant ondulatoire par le transmetteur, traverse les spires de cet électro-aimant, et fait vibrer la membrane à l'unisson des ondes émises devant le transmetteur. La figure 3 montre comment les deux appareils sont réunis.

Il n'y a aucune raison pour que les appareils ainsi combinés ne marchent pas passablement bien. On prétend qu'ils ont été construits en une année, en 1866. Cela seul suffirait à mettre M. Drawbaugh au rang des plus grands inventeurs connus. Et c'est cette circonstance même qui nous fait douter

de l'exactitude des affirmations qui nous viennent d'Amérique.

Les dix années suivantes n'ont pas été moins fécondes que la première. On croirait voir la répétion générale de ce qui s'est passé après la publication de l'invention de Bell. On voit apparaître tous les principaux perfectionnements que les inventeurs ont apportés aux téléphones et aux microphones jusqu'à ces derniers temps. Nous y retrouvons des microphones à charbons, des téléphones à aimant per-

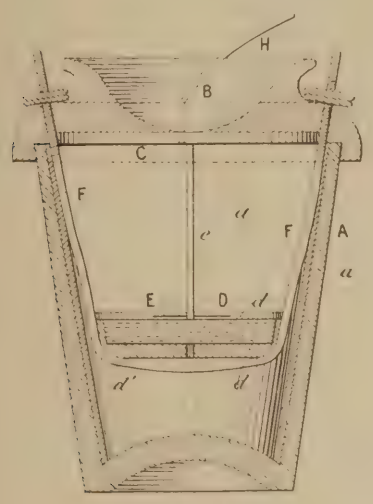


FIG. 4

manent, des bobines d'induction, des embouchures et des combinaisons de ces appareils, absolument semblables à celles que l'on emploie couramment aujourd'hui.

En 1867 et 1868, le transmetteur et le récepteur avaient été perfectionnés (fig. 4 et 5). L'appareil

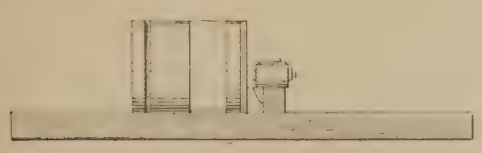


FIG. 5

était muni d'une embouchure B. Le corps microphonique était suspendu au lieu d'être appuyé contre le fond de la boîte. Dans le récepteur, l'armature de l'électro-aimant était fixée directement sur la membrane, ce qui rendait l'instrument plus compact, et... plus semblable aux inventions postérieures.

Vient ensuite l'invention du transmetteur et récepteur magnétique. La figure 6 représente un téléphone à aimant permanent *g*, avec des bobines polaires, tout à fait semblable au téléphone Bell, modèle à deux pôles, qui fut ultérieurement réinventé et breveté en Allemagne par la maison Siemens.

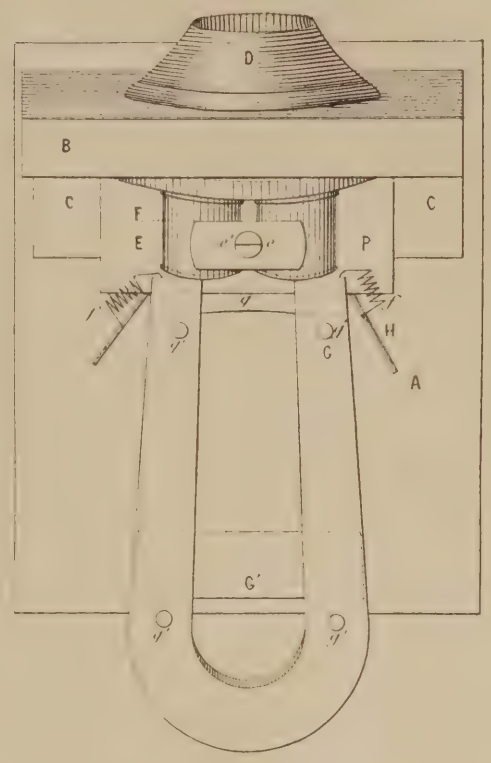


FIG. 6

En 1873 ou 1874, on revient au récepteur avec un aimant excité par une pile, et on produit un

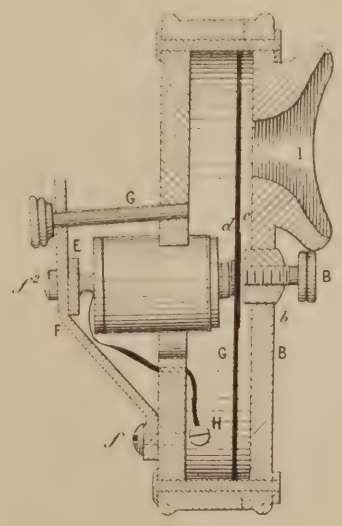


FIG 7

instrument parfait, avec un réglage délicat et un agencement compact et commode (fig. 7).

En 1875 apparaît le téléphone représenté par la figure 8. C'est une photographie de ce qu'on a fait après Bell, sous la dénomination de *téléphone-montre*.

L'aimant est courbé en spirale, pour pouvoir

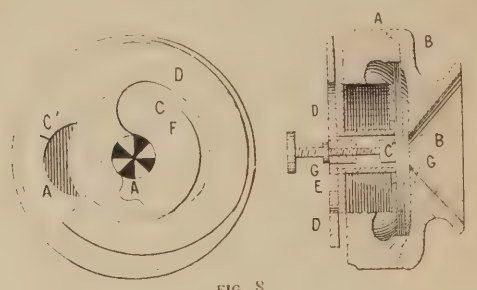


FIG. 8

mettre dans un petit espace un aimant d'une longueur suffisante. Le noyau de la bobine est régla-

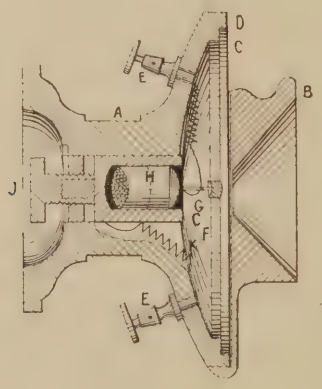


FIG. 9

ble au moyen d'une vis, et sa distance à la membrane peut être modifié à volonté.

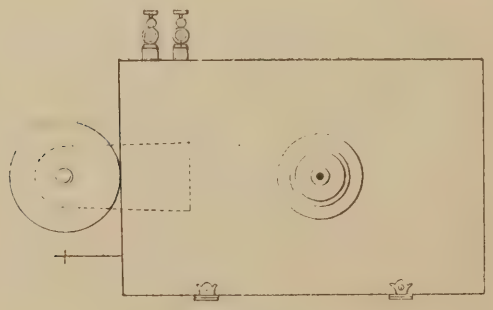


FIG. 10

En 1876, nous trouvons (fig. 9) un transmetteur, avec des morceaux de charbon de cornue, maintenus sous une pression constante au moyen d'un ressort. La forme de cet appareil est presque identique avec celle qu'ont eu les premiers transmetteurs à charbon d'Edison, que nous ayons vus en Europe.

Enfin, dans le courant de cette même année, M. Drawbaugh a combiné un appareil pratique (fig. 10), un transmetteur placé dans une boîte se fixant au mur, munie d'une sonnerie, d'une bobine d'induction. C'est le type qui est maintenant presque partout en usage. C'est la disposition qui porte les noms de Blake, Berliner et autres.

Nous ne savons pas ce qu'est devenu M. Drawbaugh après 1876. A cette date mémorable commence la révolution que Bell a fait subir à la télégraphie. Bell a été célébré par le monde entier, il a eu tous les honneurs, la Société Bell a obtenu un monopole des plus absolus et des plus larges au monde. Pendant ce temps que faisait Drawbaugh? On ne savait même pas qu'il existait. Il a regardé les sociétés se développer et s'enrichir, il a entendu les controverses retentissantes à propos des contestations sur la validité des brevets, il a vu mettre au grand jour une foule d'antériorités probables et improbables, que l'on ramassait dans toutes sortes de publications anciennes, et lui, inventeur d'une système de téléphonie des plus complets, dépassant chacun de ses continuateurs, il n'a pas dit un mot de ses droits légitimes à la priorité!

On conçoit qu'après cela nous n'admettions pas sans de nouvelles preuves les revendications qu'il fait aujourd'hui.

ABDANK ABAKANOWICZ.

CHRONIQUE DE L'ÉTRANGER

Correspondances spéciales

Angleterre

LE PROFESSEUR HUGHES SUR LE MAGNÉTISME. — Les recherches de M. le professeur D. E. Hughes sur la nature du magnétisme ont dernièrement été complétées par d'autres études qui jettent quelque lumière sur ce phénomène obscur. Tout le monde sait que les nombreuses expériences de cet éminent électricien l'ont conduit à adopter la théorie de M. de la Rive sur la cause du magnétisme et qu'il a expliqué, développé et illustré cette théorie avec tant de soin et tant d'ingéniosité qu'on peut la regarder aujourd'hui presque comme un fait établi. La méthode philosophique du prof. Hughes pour ces expériences a été de raisonner d'après les faits observés et de soumettre ses déductions à toutes les épreuves possibles en avançant ainsi, pas à pas, vers sa conclusion.

La *Royal Society* a publié le 6 mars quelques-uns des résultats des dernières recherches dans

lesquelles le professeur a attaqué le problème de la neutralité dans un métal magnétique en essayant de figurer la position des molécules dans le métal. L'instrument dont il s'est servi était la balance magnétique, dont nous avons donné une descrip-

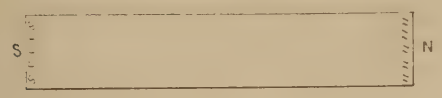


FIG. 1

tion dans notre correspondance du 23 février, et avec laquelle il a étudié l'état de l'intérieur d'une barre composée de bandes minces ou de tubes de fer en magnétisant le tout et en séparant ensuite les différentes parties pour les examiner l'une après l'autre.

En séparant les couches, le prof. Hughes les a invariablement trouvées d'un magnétisme opposé qui auparavant avait été maintenu latent comme les charges positives et négatives sur la feuille d'étain d'un condensateur. De fait, M. Hughes a

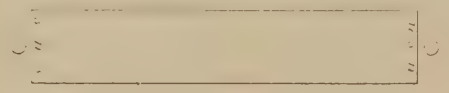


FIG. 2

découvert dans la masse du barreau l'existence d'*ondes de polarité opposée* ou de gradations régulières de magnétisme positif ou négatif *(nord* et *sud)* qui comme ensemble produisaient un état de neutralité, les polarités opposées s'équilibrant dans l'intérieur du barreau sans produire aucun effet

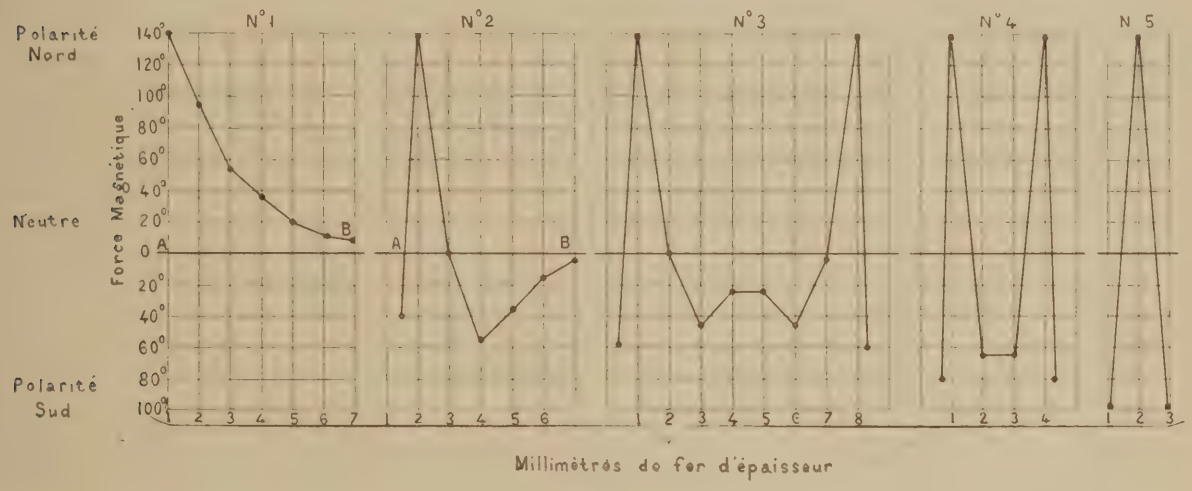


FIG 3

extérieur. Ainsi si la figure 1 représente un barreau de fer aimanté ayant son pôle nord en N et le pôle sud en S, les polarités à l'intérieur du barreau seraient indiquées par les lettres *n n n*... et *s s s*... tandis que si le même barreau était démagnétisé les polarités à l'intérieur seraient indiquées par les lettres *n s n*... et *s n s*... (fig. 2). Quand les ondes successives de polarité opposée s'équilibrent exactement il y a neutralité complète ou en d'autres termes aucun magnétisme extérieur ne se manifeste dans le barreau. On a obtenu d'autres preuves de cet état des choses en dissolvant des barreaux aimantés, dans des acides étendus, et en observant la polarité à l'intérieur du barreau à différentes profondeurs. On obtenait par les trois méthodes des courbes de variations de polarité qui concordaient entre elles. La première méthode est la plus simple car on peut choisir un fer dur et en frappant avec un marteau le bout du barreau composé de pièces minces, on peut faciliter le groupement des molécules et la bonne formation des ondes de polarité avant de séparer les bandes pour les examiner.

Les dissolvants employés pour la troisième méthode étaient de l'acide sulfurique étendu, du bichromate de potasse acidulé, et de l'acide nitrique étendu (1 partie d'acide pour 5 parties d'eau) le dernier étant le plus rapide et le plus égal dans son action. La fig. 3 donne un spécimen des courbes obtenues : le n° 1 représente la courbe topique de polarité qu'on rencontre en pénétrant un barreau de fer magnétisé par l'induction d'un pôle extérieur appliqué en A. B est la force polaire à l'intérieur qui est toujours moindre que la force de la surface A surtout pour un barreau épais.

En éloignant le pôle aimantant A on obtient dans le barreau la polarité intérieure représentée par le n° 2.

La polarité de la surface change de *nord* à *sud* et il survient une onde d'une polarité *nord* intense, suivie par une onde d'une polarité *sud* moins in-

tense. Si les deux côtés d'un barreau sont aimantés en même temps, on a la courbe n° 3. Celle-ci a été obtenue avec des barreaux d'une épaisseur de 2 centimètres et le n° 4 avec des barreaux de 3^{mm}, le n° 5 provient d'un barreau de 1^{mm} et ne manifeste qu'un seul changement de polarité intérieure le barreau étant trop mince pour en permettre plusieurs.

En effet, la théorie de neutralité symétrique du prof. Hughes demande des barreaux d'une épaisseur suffisante pour la production des ondes de polarité opposée. C'est pourquoi un barreau mince aurait une bien plus grande proportion de magnétisme résiduaire qu'un autre plus épais, parce que le premier ne possède aucune puissance de réaction intérieure. Les expériences prouvent qu'un barreau épais arrive bien plus vite à l'état de neutralité qu'un barreau mince, après que la force magnétisante est éloignée. Le tableau suivant des résultats du prof. Hughes le démontre dans le cas de noyaux ronds d'électro-aimants :

	CAPACITÉ MAGNÉTIQUE sous l'influence de la bobine	MAGNÉTISME RÉMANENT après l'interruption du courant électrique
1. Tube en fer doux et mince, $2^{c/m}$ de diamètre, $20^{c/m}$ de long et $1/10^{m/m}$ d'épaisseur	1 élément Daniell 218°	106°
2. Barre solide en fer doux, mêmes dimensions	960	29
3. Acier fondu, trempé, mêmes dimensions	458	18
4. Faisceau de fil de fer doux de $1^{m/m}$ de diamètre, mêmes dimensions.	1268	112
5. Tube en verre rempli de limaille de fer, mêmes dimensions	160	15
6. Fil de fer suédois doux, $1^{m/m}$ de diamètre	455	105
7. Fil d'acier fondu, trempé dur, $1^{m/m}$ de diamètre	49	16
8. Tube de laiton galvanisé avec du fer extrêmement mince { $3^{c/m}$ de diam. $20^{c/m}$ de long.	0.95	0.94
9. Tube de laiton galvanisé avec du fer à $1/10^{m/m}$ d'épaisseur { $3^{c/m}$ de diam. $20^{c/m}$ de long.	231	109
10. Tube de laiton galvanisé avec du fer à $1^{m/m}$ d'épaisseur { $3^{c/m}$ de diam. $20^{c/m}$ de long.	401	72
11. Tube de laiton galvanisé avec du fer à $1^{c/m}$ d'épaisseur { $4^{c/m}$ de diam. $20^{c/m}$ de long.	1075	35

La conclusion pratique de ces résultats est que pour un effet magnétique continu comme pour les inducteurs d'une dynamo ou pour de petits électro-aimants constants, pour des courants faibles, il faut employer des noyaux solides ou des faisceaux de fils d'un diamètre large; toutefois, comme il est prouvé que la durée de la charge et de la décharge augmente avec le diamètre, les noyaux d'un grand diamètre ne sauraient convenir pour des machines à courants alternatifs ou pour des appareils de télégraphie rapide. Des électro-aimants extrêmement petits peuvent être saturés dans $^1/_{1000}$ de seconde. Les faisceaux de fils ont un magnétisme rémanent plus grand que les noyaux solides, mais, à cause de la plus grande surface exposée à l'influence magnétique, l'effet différentiel entre la magnétisation et la démagnétisation est plus considérable pour les faisceaux que pour les noyaux solides. Une expérience du professeur Hughes en fixe la proportion comme 1 126 à 931. Le professeur pense que toute substance possède une polarité magnétique inhérente et, d'après quelques expériences sur les conducteurs magnétiques à travers un vide de Crooke, l'éther lui-même semble la posséder. De plus, M. Hughes trouve que toute substance a son point de saturation, dont la courbe pour l'atmosphère est la même que celle du fer, ainsi qu'il est démontré en suspendant un aimant délicat entre deux bobines d'électro-aimant de puissance égale, l'une ayant un noyau en fer doux, et l'autre étant creuse à l'intérieur et remplie d'air. Si ces bobines sont traversées par le même courant, l'influence sur l'aiguille de l'électro-aimant avec le noyau, comparée à celle de l'autre électro-aimant sans noyau n'établira l'équilibre de l'aiguille que quand le premier est à une distance quatre fois plus grande que le dernier. Néanmoins, en augmentant le courant jusqu'au point de saturation du fer, l'équilibre n'est pas modifié. La bobine en fer a pourtant une inertie magnétique que l'air ne possède pas et qu'on peut observer en introduisant le courant brusquement, car l'aiguille est alors momentanément dérangée de sa position d'équilibre.

Selon le professeur Hughes, les courbes de saturation sont, pour toutes les substances, de même en forme, bien que différentes en degré, ce qui ne l'empêche pas de continuer ses recherches pour élucider ces nouveaux phénomènes sur lesquels nous n'insisterons pas plus longtemps pour le moment.

L'ÉQUIVALENT ÉLECTRO-CHIMIQUE DE L'ARGENT. — Depuis qu'on a pris l'habitude de graduer les instruments pour mesurer les courants électriques par l'électrolyse d'argent, il est devenu d'une grande importance pratique de connaître la vraie valeur de l'équivalent électro-chimique de ce métal.

L'éminent physicien lord Rayleigh, qui a succédé à la chaire de Clerk Maxwell, à l'Université de Cambridge, a fait avec beaucoup de soins une

série d'expériences dans le *Cavendish Laboratory* pour déterminer la valeur exacte du poids en grammes de l'argent déposé par seconde par un ampère dans un voltamètre. Le voltamètre était composé de plaques en argent plongées dans une solution de nitrate d'argent et le résultat a été qu'une unité courant (C.G.S) dépose $1{,}118 \times 10^2$ grammes d'argent, c'est-à-dire qu'un ampère dépose par heure 4,025 grammes.

FORCE ÉLECTROMOTRICE D'UN ÉLÉMENT ÉTALON CLARK. — Lord Rayleigh a également fait une série d'essais avec l'élément à mercure étalon de Clark et lui trouve 1,453 volts au lieu de 1,457, comme on l'admet généralement. Si l'unité de l'association britannique est seulement, comme on le pense, 0,9867 de l'ohm, il s'ensuit que ces valeurs de la force électromotrice sont de 1.3 pour cent trop élevées et qu'elles doivent être en réalité $1{,}453 \times 0{,}9867 = 1{,}434$ volts.

J. MUNRO.

REVUE DES TRAVAUX
RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Calcul des conducteurs dans le cas de courants de haute intensité, par Alexandre Perenyi.

M. Alexandre Perenyi vient de faire paraître, dans les numéros de janvier et de février de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, un article dans lequel il indique la marche à suivre pour déterminer les dimensions qu'il convient de donner à un conducteur au point de vue du rendement le plus avantageux. Il nous a paru intéressant de résumer ici cette étude, qui est peut-être une des plus complètes qui aient été publiées sur ce sujet si complexe, par suite du grand nombre d'éléments qui entrent en jeu.

On sait que dans cette question les exigences économiques et celles de la meilleure utilisation du travail sont contradictoires. Il faut donc tout d'abord déterminer la relation entre l'élévation de température et la section du fil, et voir ensuite jusqu'à quel point la section minima ainsi obtenue est avantageuse au point de vue du rendement.

Désignons par T l'élévation de température par seconde d'un conducteur dont la résistance est w, la longueur l en mètres et la section q en millimètres carrés, et q_0 en mètres carrés, ce conducteur étant supposé parcouru par un courant d'intensité J. Appelons encore c la chaleur spécifique du métal employé, γ le poids du mètre cube de ce même métal, α et α_0 les coefficients de résistance spécifique, suivant que l'on exprime la section en millimètres ou en mètres carrés. On peut admettre, pour de basses températures, que ce coefficient reste constant.

Si toute l'énergie électrique est transformée en chaleur, la quantité de travail L ainsi obtenue par seconde a pour expression en kilogrammètres

$$L = \frac{J^2 w}{9{,}81}$$

ou bien en calories

$$Q = \frac{J^2 w}{9{,}81 \cdot 424} \qquad (1)$$

Le poids du conducteur considéré est $q_0 \gamma l$; la quantité de chaleur nécessaire pour élever de T° ce même conducteur est donc égale à $c\gamma q_0 l T$; cette quantité est d'autre part égale à Q : on a donc évidemment

$$Q = c\gamma q_0 l T \qquad (2)$$

Ceci a lieu pour la première seconde; on admet qu'à la seconde suivante la quantité Q va encore élever de T° la température du conducteur, de sorte qu'au bout de n secondes la chaleur fournie sera nQ et la température nT. En réalité il n'en est pas ainsi, à cause de la chaleur cédée au milieu ambiant. Cette question a évidemment son importance, mais on peut, pour simplifier les calculs, supposer que la chaleur perdue par seconde en vertu du rayonnement est négligeable; il importe d'ailleurs peu, au point de vue de la perte d'énergie produite par l'échauffement, que ce soit le fil lui-même ou le milieu ambiant qui s'échauffe : le travail perdu est toujours le même. L'erreur commise en ce qui concerne l'élévation de température des conducteurs est analogue à celle que l'on introduit dans le calcul de la résistance des matériaux lorsque l'on fait usage des coefficients de sécurité.

Si l'on pose

$$9{,}81 \times 424\, c\gamma = \varphi$$

on arrive à la relation

$$J^2 w = \varphi l q_0 T \qquad (3)$$

Remarquons que

$$w = \frac{\alpha l}{q} = \frac{\alpha_0 l}{q_0},$$

ce qui donne

$$J = q_0 \sqrt{T \frac{\varphi}{\alpha_0}}$$

Si l'on veut exprimer la section en millimètres carrés et employer le coefficient α, on a

$$q_0 = q\, 10^{-6}$$
$$\alpha_0 = \alpha\, 10^{-6}$$

la formule précédente devient

$$J = q\,10^{-6}\sqrt{T\frac{\varphi}{\alpha\,10^{-6}}}$$

ou en posant

$$10^{-6}\sqrt{\frac{\varphi}{\alpha\,10^{-6}}} = 10^{-3}\sqrt{\frac{\varphi}{\alpha}} = \rho \qquad (4)$$

finalement

$$J = \rho\, q\sqrt{T}. \qquad (5)$$

J se présente comme l'intensité nécessaire pour élever à la température T le conducteur dont la section est q. On voit, ce qui était évident, d'ailleurs, que la longueur de la ligne n'intervient pas dans l'équation précédente. M. A. Perenyi fait très justement observer qu'on se rend fort bien compte du phénomène qui prend naissance en se reportant par analogie à ce qui se passe dans un cours d'eau. L'intensité dans ce cas est comparable à la quantité qui traverse la section dans l'unité de temps, la variation du niveau à l'échauffement du fil et enfin le débordement à la surélévation de la température. Il est évident que le danger d'inondation est indépendant de la longueur du cours d'eau, mais directement relié au rapport de la section à la quantité d'eau qui cherche à s'écouler.

Si dans l'équation (5) on fait $T = 1$ et $q = 1$, on remarque que ρ représente l'intensité capable d'élever de 1° dans l'unité de temps la température d'un fil dont la section serait égale à 1; on peut donner à ρ le nom d'*intensité spécifique*. M. A. Perenyi a trouvé pour le fer et le cuivre les valeurs suivantes :

Fil de cuivre. . . . . $\rho = 13,262$ ampères.
Fil de fer. . . . . $\rho = 5,4398$ —

Ce qui veut dire qu'en supposant les conducteurs parfaitement abrités contre toute déperdition de chaleur, il faudrait 54 ampères pour élever de 1° à 100° la température d'un fil de fer de 1^{mm^2} de section, tandis qu'il en faudrait 132 pour obtenir le même résultat avec un fil de cuivre dont la section serait égale à la précédente.

Quand on considère des conducteurs dont la section est un cercle de diamètre D, on a

$$q = \frac{\pi D^2}{4},$$

l'équation 5 devient

$$J = \rho\frac{\pi}{4}\sqrt{T}\,D^2 \qquad (6)$$

relation analogue à celle que Forbes a trouvée expérimentalement en réalisant d'une façon aussi parfaite que possible l'hypothèse dans laquelle nous nous sommes placés, à savoir que la perte par rayonnement était nulle.

Dans les installations d'éclairage, c'est la différence de potentiel que l'on connaît en général, il est donc avantageux de donner à la formule 5 une autre forme.

Si nous appelons R la résistance utile, w celle de la ligne B (fig. 1 et 2) et E la différence de potentiel aux bornes de la ligne B, on a dans les deux cas

$$J = \frac{E}{w + R}. \qquad (7)$$

Dans le cas de la figure 1, les lampes r sont montées en dérivation. On peut négliger la résistance de chaque dérivation par rapport à celle de la lampe correspondante, de sorte que l'on a en appelant r la résistance d'une lampe et n le nombre

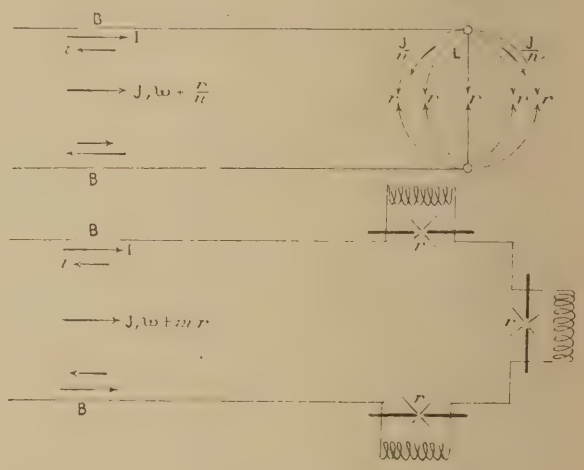


FIG. 1 ET 2

total des lampes, comme expression de la résistance de l'ensemble des lampes R

$$R = \frac{r}{n}.$$

Si on se reporte à la fig. 2, où le montage est fait en tension, on aura évidemment en désignant par m le nombre des lampes et par r leur résistance

$$R = m\,r.$$

En portant la valeur de J tirée de l'équation 7 dans l'égalité 5 et en résolvant par rapport à q, on trouve

$$q = \frac{1}{R}\left(\frac{E}{\rho\sqrt{T}} - \alpha\, l\right). \qquad (8)$$

C'est un principe connu qu'une grande résistance utile augmente le rendement et permet l'emploi de

conducteurs d'une section faible; le fait se manifeste d'une façon très nette dans l'équation précédente, dans laquelle q diminue à mesure que R augmente. La valeur de q doit toujours être positive, ce qui amène à écrire la condition

$$\frac{E}{\rho\sqrt{T}} \geqq \alpha l,$$

ou bien encore

$$T \leqq \frac{E^2}{l^2}\left(\frac{1}{\rho\alpha}\right)^2. \qquad (9)$$

L'égalité correspond à la plus grande élévation de température que l'on puisse obtenir dans le cas d'une section infiniment petite. Le deuxième signe se laisse facilement interpréter : on voit que pour $\frac{E}{l}$ = constante l'élévation de température est la même pour une même section de fil. D'autre part, le maximum de T lorsque l'on suppose la section infiniment petite est directement proportionnel au carré de la différence de potentiel et inversement proportionnel au carré de la distance.

On trouve pour des fils de cuivre et de fer

$$\text{Cuivre} \quad \left(\frac{1}{\rho\alpha}\right)^2 = 11{,}2160,$$

$$\text{Fer} \quad \left(\frac{1}{\rho\alpha}\right)^2 = 2{,}1628.$$

Dans ces conditions, en donnant à $\frac{E}{l}$ la valeur 1, le maximum de T sera pour le fil de cuivre 14,2° C et pour le fil de fer 2,1° C; tandis qu'en faisant $\frac{E}{l}$ = 10 ces mêmes maxima atteignent les valeurs 1421° C pour le cuivre et 216° C pour le fer. Comme le cuivre entre en fusion à 1070° C, il convient de rester fort au-dessous du chiffre précédent, il est même prudent, dit M. A. Perenyi de ne jamais dépasser 50° C pour le cuivre.

Ceci posé, on peut se demander quelle est la température qu'il faut admettre pour avoir la moindre perte d'énergie par suite de l'échauffement de la ligne ou en d'autres termes calculer la section d'un conducteur étant donnés le rendement, la différence de potentiel et la longueur de la ligne.

Revenons à la figure 1. On sait que la présence d'une résistance utile équivaut à une force contre-électromotrice; si nous désignons par i l'intensité correspondant à cette force contre-électromotrice, et par I l'intensité qui se développerait dans le circuit s'il n'y avait pas de résistance utile, l'intensité que nous avons appelée J jusqu'à présent a évidemment pour expression :

$$J = I - i.$$

Dans ces conditions J^2R représente le travail transformé en chaleur dans les résistances utiles, $iJ(w + R)$ le travail utile et $IJ(w + R)$ le travail total. L'effet utile qui est le rapport de ces deux travaux a pour expression

$$N_u = \frac{i}{I}.$$

Il ne faut pas confondre l'effet utile avec le rendement auquel il est toujours inférieur. Le rendement est en effet le rapport du travail disponible au travail total et il n'y a jamais qu'une partie du travail disponible qui puisse être transformée en travail utile. La valeur du rendement N est donnée par la relation

$$N = \frac{IJR}{IJ(w + R)} = \frac{1}{1 + \frac{w}{R}},$$

et en remarquant que

$$w = \frac{\alpha l}{q},$$

$$N = \frac{1}{1 + \frac{\alpha l}{Rq}}, \qquad (10)$$

Le rendement devient égal à 1 pour $q = \infty$ d'où il résulte que la section absolument avantageuse est impossible à réaliser; on voit également que le rendement augmente lorsque la résistance utile croît par rapport à celle de la ligne w. On tire de l'équation précédente

$$q = \frac{N\alpha l}{R(1 - N)}, \qquad (11)$$

en égalant cette valeur à celle de q trouvée précédemment (équation 8), on arrive aux deux expressions

$$T = \left(\frac{1}{\alpha\rho}\right)^2 (1 - N)^2 \frac{E^2}{l^2} \qquad (12)$$

$$N = 1 - \alpha\rho \frac{l}{E}\sqrt{T} \qquad (13)$$

dans lesquelles

$\alpha\rho = 0{,}265$ pour le cuivre,
$\alpha\rho = 0{,}680$ pour le fer.

L'équation 12 montre que pour $N = o$, on a l'élévation de température maxima que l'on obtient avec une section infiniment petite comme nous l'avons vu plus haut.

Si l'on veut se servir de ces formules pour calculer la section q connaissant la longueur l, on commence par se donner un rendement N voisin de 90 o/o, et on calcule T à l'aide de l'équation 12 et q au moyen de l'équation 8. On peut également se donner T, porter cette valeur dans l'équation 13, et si l'on obtient une valeur convenable pour N tirer q de l'équation 11.

On remarque en se reportant à l'équation 13 que pour une même intensité le rendement demeure constant lorsque la force électromotrice varie proportionnellement à la distance $\frac{l}{2}$.

Si nous revenons à l'équation 2 nous voyons

que la perte d'énergie produite par l'échauffement croît proportionnellement à la température, il y a donc avantage à prendre T faible, mais cette considération peut amener à des conducteurs tellement chers que l'intérêt du capital engagé l'emporte sur l'économie que l'on se propose de réaliser sur la perte d'énergie. La question se présente ainsi sous un nouvel aspect.

Dans un mémoire lu à l'Association britannique, William Thomson a déjà traité ce côté de la question [1]. Selon M. A. Perenyi, il y a lieu de modifier dans une certaine mesure les coefficients proposés par l'éminent savant anglais et qui servent à calculer la section économique d'un conducteur.

Si l'on désigne par n le nombre de jours de travail par année, par s le nombre d'heures de travail par jour, par P le prix d'un kilogramme du métal considéré, et par H le prix d'un cheval-vapeur (75 kilogrammètres par seconde) par heure; le prix d'un cheval par année est Hns et comme la perte d'énergie due à l'échauffement exprimée en chevaux est égale à

$$\frac{J^2 \alpha l}{0{,}81 \cdot 75 \cdot q}$$

la perte en argent v_1 aura pour expression

$$v_1 = \frac{J^2 \alpha l}{q} \quad \frac{H\,ns}{736}$$

Il faut ajouter à cette perte l'intérêt du capital supposé placé à 5 %, que nous désignerons par v_2.

$$v_2 = \frac{\gamma l q_0 P}{20} = \gamma \frac{10^{-6}}{20} P l q$$

La perte totale $V = v_1$ et v_2. Le minimum de cette expression s'obtient en égalant la dérivée à 0, ce qui donne

$$\gamma \frac{10^{-6}}{20} P l - \frac{\alpha}{736} \frac{l}{q^2} H J^2 ns = 0$$

d'où l'on tire finalement

$$q = 162{,}56\, J \sqrt{\frac{\alpha}{\gamma} \frac{H}{P} ns} \qquad (14)$$

En se servant des observations faites pendant quatre années d'expériences sur une machine à vapeur de 16 chevaux, M. A. Perenyi est arrivé aux chiffres moyens suivants par année :

Combustible.	5 137,5 francs.
Éclairage et graissage.	400,0 —
Réparations	293,75 —
Total.	5 831,25 francs.

Ce qui donne en nombre rond 364 fr. par cheval. L'installation avait coûté 14 625 fr. On peut dire que le tiers de cette somme seulement est proportionnel à la force en chevaux de la machine, de sorte qu'il faut ajouter au chiffre précédent les intérêts de ce tiers soit

$$\frac{14625}{3 \times 16 \times 20} = 15{,}23, \text{ soit } 15 \text{ en nombres ronds.}$$

L'installation fonctionnant 3 400 heures par année, nous trouvons finalement pour H la valeur

$$H = \frac{365 + 15}{3\,400} = 0 \text{ fr. } 1114$$

En prenant P = 2 fr. 50, γ — poids d'un mètre cube de cuivre = 8 900, et enfin $\alpha = \frac{1}{50}$, l'équation 14 dans laquelle q est exprimé en millimètres, devient

$$q = 5{,}217 \cdot 10^{-2} J \sqrt{ns} \qquad (15)$$

Pour un fonctionnement journalier de 12 heures, on trouverait :

En millimètres carrés.	$q = 3{,}452\,J$
En centimètres carrés	$q = 0{,}0345\,J$

ce qu'on peut exprimer en disant que la section en centimètres carrés est les 3 1/2 % de l'intensité en ampères.

Le rapport $\frac{H}{P}$ que M. A. Perenyi adopte ici et, qui est comme nous venons de voir

$$\frac{H}{P} = \frac{0{,}1114}{2{,}5} = 0{,}0445$$

diffère sensiblement de celui qui résulte des évaluations de William Thomson. Les prix de ce dernier sont de 10 livres sterling par cheval pour une machine travaillant sans cesse et de 70 livres par tonne de cuivre, le rapport précédent devient dans ce cas

$$\frac{H}{P} = \frac{10^4}{365 \times 24 \times 70} = 0{,}0163$$

Selon M. A. Perenyi, les chiffres de Thomson sont trop faibles, et mènent par suite à une section également trop faible.

Si l'on porte ces valeurs dans la formule 14 en faisant encore $n = 365$ et $s = 12$, on trouve

En millimètres carrés	$q = 2{,}088\,J$
En centimètres carrés	$q = 0{,}021\,J$

L'on exprime l'intensité en webers, l'unité devenant dix fois plus grande, on a évidemment

$$q \text{ c. m.}^2 = 0{,}21\,c$$

Thomson avait trouvé 0,19. Si nous nous reportons à ce qui a été dit plus haut, nous voyons que l'on peut dire que la section la plus économique exprimée en centimètres carrés varie suivant les prix de chaque localité entre 2 % et 4 % de l'intensité exprimée en ampères.

[1] *La Lumière Electrique*, tome 5, p. 65.

Si l'on combine les équations 5 et 15, on trouve que l'élévation de température la plus économique est donnée par la formule

$$T = \frac{210,8}{ns}$$

pour des conducteurs en cuivre et dans l'unité de temps.

Éclairage électrique de la rue de Leipzig et de la place de Potsdam à Berlin; résultats d'une année de fonctionnement.

Nous trouvons dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du mois de février 1884 un compte rendu de M. Von Hefner-Alteneck sur l'éclairage électrique installé à titre d'essai dans la rue de Leipzig et la place de Potsdam, à Berlin. L'installation remonte au mois de septembre de l'année 1882. A cette époque, la ville de Berlin s'était engagée par contrat à payer à la maison Siemens et Halske une somme annuelle de 32 550 fr., moyennant quoi cette dernière se chargeait de l'installation et de l'entretien de 36 lampes différentielles. Au mois d'octobre de la même année, M. Von Hefner-Alteneck eut l'occasion de décrire en public l'installation qui venait d'être faite, et de comparer entre eux les prix de revient de l'éclairage électrique et du gaz en prenant pour points de départ d'un côté la somme précédemment citée, et de l'autre un prix de 16,6 centimes par mètre cube de gaz. Ce prix de 16,6 centimes est en réalité inférieur au prix marchand, mais c'est celui qui figure dans l'éclairage de la ville ainsi que dans la consommation des moteurs à gaz.

Il résultait de la comparaison établie sur ces bases que dans les deux cas le prix de l'éclairage était à peu de chose près le même. A pénétrer plus avant dans les choses, l'avantage se trouverait être du côté de la lumière électrique, attendu que l'on a affaire, d'une part, à une fabrication absolument industrielle, c'est-à-dire montée sur le pied de l'économie la plus grande, tandis que de l'autre on est en présence d'une expérience dans laquelle la question de succès l'emporte sur celle de l'économie.

Il était difficile qu'une assertion de ce genre, venant surtout d'un homme aussi connu pour sa compétence dans les questions d'électricité que l'est M. Von Hefner-Alteneck, passât inaperçue. Devant le grand bruit qui se fit autour de ses affirmations, M. Von Hefner-Alteneck n'hésite pas à publier, aujourd'hui qu'une année d'expérience est venue confirmer ses prévisions, le détail des dépenses auxquelles a donné lieu cette période de fonctionnement. Nous reproduisons ci-dessous ces dépenses, qui correspondent à une période d'éclairage s'étendant du 20 septembre 1882 au 20 septembre 1883 :

I. — FORCE MOTRICE (*Moteur à gaz*).			
Consommation de gaz y compris l'éclairage des bâtiments de la machine		12695,21	
Consommation d'eau		2067,50	
Graissage et divers :			
Huile	2340,40		
Pétrole	29,15		
Suif et savon	15,70		
Chiffons et étoupe	230,73		
Papier d'émeri, etc.	4,32		
	2620,30	2620,30	
			17383,01
II. — CHARBONS (*Prix courants*).			
3 118 mètres de D_{02} à 1,43 fr.		4482,12	
1 641 — de charbons homogènes N à 1,43 fr.		2358,94	
			6841,06
III. — FRAIS DE RÉPARATIONS.			
Réparation d'une armature		329,94	
Remplacement d'un palier		37,40	
— — commutateur		72, »	
Réparation d'un porte-balais		9, »	
— de conduites de gaz		31,29	
— de courroies		9,35	
— de lanternes		27,38	
— de lampes différentielles		12,38	
— du câble		126,35	
— diverses		20,42	
			675,51
IV. — SERVICE.			
Salaires pour un mécanicien et deux ouvriers		»	4795,42
V. — FRAIS GÉNÉRAUX.			
Loyer du terrain		375, »	
Assurance contre l'incendie		113,70	
Heures supplémentaires		375, »	
Nourriture d'un chien de garde		112,50	976,20
Total			30671,20

Le système d'éclairage comprenait, comme nous disions plus haut, 36 lampes différentielles; la durée de l'éclairage pendant cette période a été de 1 900, 5 heures ou, en prenant pour unité l'éclairage d'une lampe pour une heure, de 68 418 unités.

Au point de vue de la sécurité de l'éclairage, les résultats de cette expérience sont aussi satisfaisants que possible. Si l'on en excepte les deux journées du 23 et du 24 novembre 1882, on n'a pas eu d'interruption à déplorer durant toute la période qui correspond au tableau précédent. Aux dates que nous venons de mentionner, 12 lampes se sont trouvées arrêtées pendant 9 heures. On n'a jamais pu se rendre compte exactement, dit M. Von Hefner-Alteneck, des causes qui ont provoqué cet accident; mais comme aucun fait analogue ne s'est reproduit dans la suite, il n'y a pas lieu d'y attacher une grande importance.

Les moteurs à gaz se sont fort bien comportés. Il faut dire que l'on a apporté à la construction et surtout à l'entretien de ces moteurs un soin tout particulier. C'est ainsi que tous les quatre jours, on démontait les cylindres pour nettoyer les pistons. Dans ces conditions, on n'a eu recours que trois fois aux moteurs de réserve et dans les trois cas, on a obéi bien plutôt à un sentiment de prudence qu'à une nécessité réelle. Quoi qu'il en soit, ces données permettent d'affirmer que les moteurs à gaz, bien qu'ils présentent certains inconvénients sensibles, surtout au moment de la mise en marche des lampes, peuvent néanmoins être employés avec succès dans des installations d'éclairage de quelque importance.

Si l'on envisage avec ces mêmes moteurs la question du prix de revient on est loin d'aboutir à des conclusions aussi satisfaisantes. Il résulte des estimations faites à ce sujet que le prix du travail fourni est de 25 centimes par cheval.

M. Von Hefner-Alteneck pense qu'avec une machine à vapeur installée dans de bonnes conditions on pourrait réduire ce prix à 5 centimes, de sorte que l'on réaliserait une économie de 75 o/o. L'économie réalisée serait en réalité au-dessous de ce chiffre, attendu que le graissage des paliers des machines motrices, ainsi que des machines dynamo se trouve compris dans le prix de 25 centimes auquel on est amené dans les conditions actuelles.

Au bout d'une année de fonctionnement, on a pu constater que les lampes différentielles, ainsi que les machines dynamo-électriques étaient en très bon état. Pour les machines, elles n'ont nécessité aucune réparation, même dans la partie la plus délicate de leurs organes, telles que les commutateurs et les balais. Il est regrettable qu'on se soit trouvé dans l'impossibilité de continuer l'expérience avec ces mêmes machines : cette impossibilité tient au changement apporté dans la force motrice, et dont nous donnerons plus loin la raison. On a remplacé les moteurs à gaz par un moteur à vapeur en s'imposant la condition de ne pas suspendre un seul jour l'éclairage, et l'on a été par suite amené à installer de nouvelles machines dynamo-électriques parallèlement aux précédentes.

Les câbles dont on s'est servi dans cette installation sont formés d'un fil de cuivre garni de chanvre et de plomb. Ces câbles avaient été construits à la hâte, et c'était la première expérience sérieuse à laquelle ils eussent été soumis : M. Von Hefner-Alteneck fait le plus grand éloge de la façon dont ils se sont comportés. Avec une tension de 650 volts, c'est-à-dire de beaucoup supérieure à la tension considérée comme dangereuse sur les lignes télégraphiques et au bout d'une année de service, ces câbles ont été reconnus, après mesure, aussi bons que le jour de leur mise en place. Pour ce qui est de la canalisation, on avait cru qu'en disposant les conducteurs sous les trottoirs, à une profondeur de $0^m,50$, et en les protégeant par une seule assise de briques, ces conducteurs se trouveraient suffisamment abrités contre toute dégradation provenant du dehors.

On a reconnu par la suite que ces précautions étaient insuffisantes : dans la période qui nous occupe, le câble a dû être réparé cinq fois. Il est facile de remédier à cet état de choses : il est surtout bon d'en prendre note pour les installations futures.

Nous disions plus haut que les moteurs à gaz avaient été remplacés par un moteur à vapeur. Les causes qui ont amené cette substitution ne sont pas d'ordre technique, bien qu'il y ait avantage, comme nous avons vu, à se servir de moteurs à vapeur : la fabrique de moteurs à gaz de Deutz, qui avait obligeamment prêté ses machines pour une première année d'expérience, a demandé à les reprendre, ce laps de temps une fois écoulé. Cette modification dans l'outillage n'entraîne aucun changement dans les termes du contrat passé entre la ville de Berlin et la maison Siemens et Halske : la ville s'engage à payer pour la deuxième année la même somme de 32 550 francs, attendu que la maison Siemens et Halske espère trouver dans l'économie réalisée sur le prix du travail l'intérêt et l'amortissement du capital engagé dans les nouvelles machines.

Actuellement, l'installation fonctionne avec une locomobile de 36 chevaux : toutes les machines dynamo-électriques sont mues par le même arbre, ce qui est un inconvénient, puisqu'un accident de la machine motrice entraîne l'arrêt de tout le système. Les conditions spéciales dans lesquelles on s'est trouvé placé n'ont pas permis d'installer une machine par circuit : il ne faut d'ailleurs pas oublier que ceci est une expérience et qu'un accident du genre de celui qui pourrait se produire, qui s'est même produit à l'origine à cause de l'échauffement d'un palier, n'a rien de commun avec l'éclairage électrique même.

Si nous revenons au tableau que nous avons reproduit à l'origine de cet extrait, nous voyons que le prix de l'éclairage électrique calculé sur ces bases représente un prix un peu supérieur au prix de revient, puisque sous la rubrique charbons figurent des prix marchands. Ces charbons ont été fournis par la maison Siemens, de Charlottenbourg, et l'auteur, ignorant les prix de fabrication, a bien été obligé de mettre les prix courants. On a reproché à M. Von Hefner-Alteneck de comparer le prix de revient de l'éclairage électrique à un prix de gaz qui est supérieur au prix de revient. Il résulte, en effet, des estimations publiées à ce sujet que le prix de revient du gaz est de 12,5 centimes, tandis que le chiffre de comparaison a été

pris égal à 16,6. Il est facile de répondre à cette objection en faisant remarquer que M. Von Hefner-Alteneck ne prend pas pour point de départ le chiffre de 30671 francs, ce qui donnerait déjà un prix inférieur au prix de revient, mais bien le chiffre de l'indemnité annuelle de 32 550 francs qui est encore plus élevé que le précédent. Avec l'installation actuelle qui comporte un moteur à vapeur, on peut compter sur une économie moyenne de 10000 francs par an, de sorte que dans l'évaluation précédemment faite, le prix de revient pour la lumière électrique se changerait en prix courant.

Les partisans du gaz voudraient que l'on comparât entre eux les prix de revient des deux systèmes d'éclairage, ce à quoi M. Von Hefner-Alteneck répond très justement qu'une telle comparaison ne saurait avoir aucune espèce de valeur. Rien ne se vend au prix de revient : il est plus juste de de se demander ce qu'il faut ajouter de part et d'autre aux prix de revient pour arriver à un prix marchand avantageux. Or, il est évident qu'à ce point de vue, l'avantage n'est pas du côté du gaz : le gaz avec sa fabrication énorme nécessite un matériel et un personnel considérables ; il résulte de là que les frais d'amortissement sont de beaucoup supérieurs à ceux de l'éclairage électrique où il n'y a en somme qu'à amortir les frais de première installation.

Nous avons cru intéressant de dire ici quelques mots de cette polémique qui n'est certainement pas la dernière à laquelle donnera lieu la question du prix de revient des deux modes d'éclairage. On a pourtant tort, dit M. Von Hefner-Alteneck, de s'émouvoir outre mesure, dans le monde spécialement attaché à la fabrication du gaz, des progrès que peut faire l'éclairage électrique, puisque les statistiques permettent de constater que là même où ce dernier éclairage est installé, la consommation de gaz ne se trouve aucunement diminuée. Le fait s'explique très bien en ce sens que le besoin de lumière est absolument relatif : dans une rue éclairée à la lumière électrique, les magasins augmentent leur éclairage pour ne pas paraître sombres. En somme, à mesure que la lumière électrique se vulgarise, le niveau de l'éclairage s'élève partout en quelque sorte et la consommation du gaz y trouve aussi son profit.

Commutateur automatique pour la bobine de Ruhmkorff.

On a déjà fait plusieurs essais pour séparer les deux courants de la bobine d'induction ou les réunir en un seul de direction donnée. Nous avons déjà signalé (n° du 17 juin 1882) les dispositifs imaginés dans ce but par M. Spottiswoode.

M. Pierre Taptikoff-Engelmeyer nous adresse la description d'un redresseur de courants qu'il a construit dans le même but :

« La figure 1 représente en A la pile, en B la bobine Ruhmkorff, en C le *commutateur automatique* et en E le circuit expérimental. Le commutateur est formé d'un électro-aimant, alimenté par

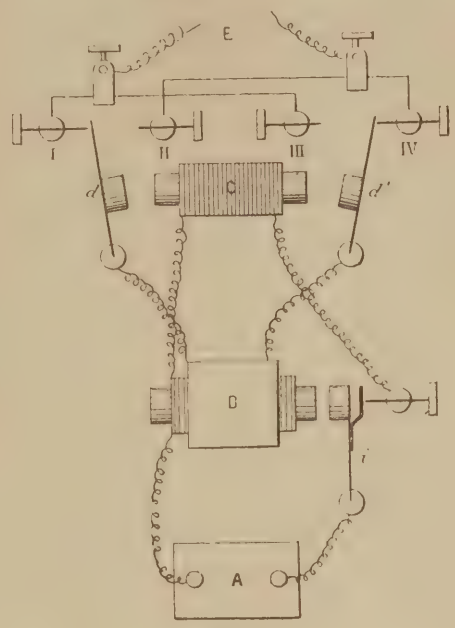


FIG. 1

le courant inducteur de la pile A. Les deux marteaux distributeurs *d* et *d'* de l'appareil communiquent avec les deux bouts du fil secondaire de la bobine B. Ces deux marteaux oscillent en même temps que le marteau interrupteur *i*, et à l'aide des

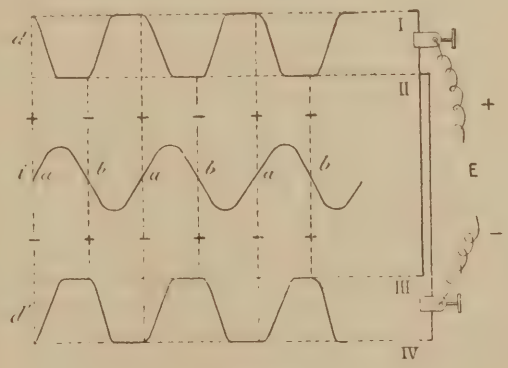


FIG. 2

contacts I, II, III, IV les courants induits sont forcés de passer par le circuit E toujours dans la même direction.

Le diagramme (fig. 2) représente les mouvements des trois marteaux qui sont indiqués par les mêmes lettres *d d'*, *i*. Quand le courant inducteur ne passe pas, les marteaux distributeurs *d* et *d'*

sont appuyés par l'élasticité même de leurs tiges contre les contacts I et IV. Le courant secondaire inverse qui naît au moment du passage du courant primaire dans les moments indiqués par *a*, *a*... est ainsi dirigé dans le sens I ⟶ IV. Au même instant les marteaux *d* et *d'* sont attirés vers l'électro-aimant et vont buter contre les contacts II et III. Il faut que le courant inducteur dure pendant leur déplacement; au moment de son interruption il induit le courant direct qui est dirigé dans le sens III ⟶ II. Ces moments sont indiqués sur la figure par *b*, *b*... Or, on conçoit que dans le circuit expérimental E, les deux courants secondaires ont une direction constante.

« Les grandes machines Ruhmkorff sont ordi-

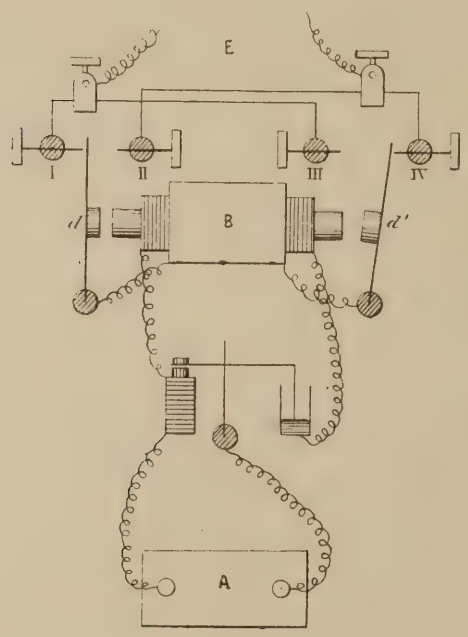


FIG. 3

nairement munies d'interrupteurs à mercure Foucault. Pour le but que nous poursuivons nous n'aurons qu'à ajouter à la machine même les deux marteaux distributeurs avec leurs contacts en se servant du faisceau de fer doux de la machine comme électro-aimant. La figure 3 donne le croquis de cette disposition et ne demande point de commentaire. Les marteaux distributeurs avec les quatre contacts peuvent être articulés sur une espèce de cadre qu'on pourra fixer sur la machine Ruhmkorff en cas de besoin sans l'altérer.

« J'ai conçu l'idée de mon commutateur automatique en 1870; je l'ai exécuté ensuite d'après la figure 1, et il fonctionnait parfaitement bien avec une petite bobine Ruhmkorff. Pour les courants à haute tension, il faudra éloigner l'un de l'autre les contacts I et II, ainsi que III et IV, ce qui, je le conçois, présentera des inconvénients dans les expériences où la résistance du circuit extérieur sera considérable. »

Comme l'indique M. Taptikoff, l'appareil pourra fonctionner avec des petites bobines, c'est-à-dire avec des bobines à étincelles de faible longueur, mais avec les bobines à longues étincelles, nous ne croyons pas qu'il puisse être pratiquement applicable.

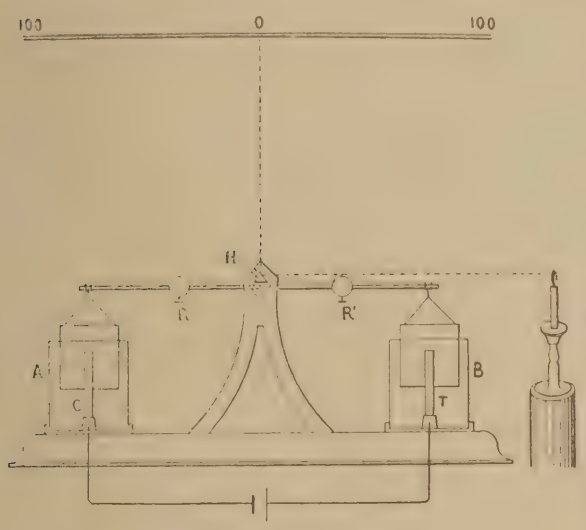
L'enregistreur du travail des piles de M. Marcillac.

En décrivant dernièrement l'appareil de M. Marcillac, nous disions qu'il ne devait pas être susceptible de grande précision. L'auteur a été lui-même de cet avis, et a imaginé un nouveau modèle, au sujet duquel il nous communique la note suivante :

« Le second appareil, qui n'a pu arriver en temps voulu à Vienne, diffère du premier en ceci : 1° les poussées sont équilibrées; 2° l'enregistreur électrochimique est remplacé, pour ne pas créer de résistance mécanique, par une projection lumineuse empruntée au système Thomson. Le schéma ci-joint en montre suffisamment les dispositions essentielles. On a deux vases A et B, dont le fond est en métal verni. Des tiges de cuivre C et T se vissent dans un renflement spécial, ce qui permet de les enlever, de les peser, de les remettre à volonté et, au besoin, de les remplacer. La dissolution est identique dans les deux vases. On peut l'avoir toujours à un même degré de concentration avec un pèse-acides. Un cylindre mince de cuivre est suspendu à chaque extrémité du fléau, comme dans l'appareil d'Edison, déjà décrit dans *La Lumière Electrique*. A la place de l'aiguille indicatrice est placé en H un léger miroir de verre argenté refléchissant les rayons d'une lampe sur un écran placé à distance. La lecture se fait alors plus aisément, comme dans les galvanomètres à réflexion. L'appareil est ainsi plus petit, plus précis et plus sensible. Le double transport qui s'opère lors du passage du courant est aussi une cause d'accélération des indications. Il y a en effet accroissement de poids d'un des cylindres mobiles, et diminution de poids de l'autre, quel que soit le sens du courant. Quant au réglage, il s'obtient, avant et après chaque essai, par un simple déplacement des curseurs, qui se trouvent en RR' sur chaque bras du fléau. La lecture des degrés de l'échelle peut se faire ainsi tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Il n'y a qu'à tenir un compte exact des périodes de temps qui, naturellement, doivent être égales pour les observations de deux piles différentes. L'auteur a voulu surtout obtenir des appareils qui n'atteignent pas le prix toujours élevé des grands appareils de précision. Il a agi sur cette seule idée bien connue que, tandis que les indications des appa-

reils électromagnétiques ou électrodynamiques varient avec l'appareil employé, les quantités d'électrolyte, décomposées en un temps donné, ne dépendent que du courant et nullement de la forme du voltamètre. » (Gordon, tome II.)

« Le deuxième modèle paraît remplir les conditions théoriques voulues, car en retranchant les résistances mécaniques de l'aiguille indicatrice, en comprenant les poussées du liquide dans les voltamètres, le degré de concentration du liquide pouvant en tous lieux être obtenu identique à l'aide d'un pèse-acides, l'échelle étant placée par divers opérateurs à une distance type, on aura, avec des appareils variés très faciles à construire et peu dispendieux, une mesure absolue de l'intensité. Question de résistances à part, il y aurait avantage, dit M. Maxwell, à substituer les voltamètres aux gal-



vanomètres, au point de vue de la mesure absolue. L'auteur a cherché dans ce sens à créer un modèle de précision relative et de prix peu élevé, susceptible d'être employé dans les cours, les facultés, etc. C'est une tendance générale, du reste, qu'ont les constructeurs de faire passer dans la pratique des appareils simplifiés que leur prix rend actuellement plus abordables qu'autrefois à tous les électriciens. »

FAITS DIVERS

On propose maintenant de remplacer les locomotives du chemin de fer aérien de New-York par des machines dynamo qui, d'après les calculs des ingénieurs, présenteraient une grande économie sur la traction à vapeur. Cette dernière revient à 872 fr. 50 par heure, tandis que l'électricité n'entraînerait qu'une dépense de 382 fr. 50 l'heure. Les frais pour l'achat des machines, la modification de la voie, etc., s'élèveraient à une somme ronde, de 6556875 fr., dont une grande partie serait couverte par la vente des locomotives à vapeur.

Le 8 février dernier, le bâtiment occupé par la Brush Electric Light Company, à Rochester, dans l'Etat de New-York, a été détruit par un incendie, et la ville, qui est presque entièrement éclairée à l'électricité, a été sans lumière. La perte de la Compagnie se monte à 60,000 fr.

De retour d'un voyage d'inspection des différents systèmes souterrains des Etats de l'est, l'ingénieur de la ville de Chicago a fait commencer la construction de 40 milles de fil souterrain qui serviront de base au nouveau réseau d'avertisseurs d'incendie dont les fils seront tous sous terre, de manière à ne pas laisser un seul poteau télégraphique dans la partie commerciale de la ville.

A Washington, Cincinnati, ainsi que dans presque toutes les grandes villes des États-Unis, on s'occupe activement de cette importante question de canalisation souterraine, et bien que les Présidents des plus grandes Compagnies de télégraphes aient dernièrement déclaré la chose impossible devant un comité législatif à Albany, il y a tout lieu d'espérer qu'on trouvera bientôt un système pratique de mettre sous terre les conducteurs électriques.

Éclairage électrique

A la gare de Paddington, à Londres, on va procéder à des expériences d'éclairage fort intéressantes avec 3 000 foyers électriques alimentés par les machines à courants alternatifs de M. Gordon.

La London and South Western Railway C° a décidé d'éclairer quelques-uns de ses trains d'une manière permanente avec le système perfectionné de MM. Holmes et Burke. La pile qui formait la source d'électricité pour le premier wagon ainsi éclairé ne pesait pas 100 kilos. Elle alimentait 9 lampes à incandescence de 5 bougies et peut travailler vingt heures consécutives. Deux lampes dans chaque compartiment de 1re classe donnaient assez de lumière pour permettre aux voyageurs de lire avec la plus grande facilité. On évalue les frais à 1 1/4 centime par lampe et par heure, et le prix de l'installation ne dépassera pas la la moitié de celui du gaz ou de l'huile.

Quand la Compagnie Edison a commencé l'éclairage électrique de l'Holborn Viaduct, à Londres, on a installé deux lampes à incandescence de 16 bougies dans chaque réverbère, c'est-à-dire un total de 176 lampes. Vers la fin du mois d'août, ce nombre a été réduit à 92, dont 80 ont servi à l'éclairage de la rue, donnant une lumière de 16 bougies par 130 mètres carrés. L'intensité lumineuse du gaz était de 1 204 bougies, tandis que la lumière électrique donne 1 472; les frais sont les mêmes pour les deux éclairages, puisque la Compagnie Edison a accepté de fournir l'électricité au prix du gaz, c'est-à-dire moyennant 9800 fr. par an, ou environ 106 fr. par lampe. Il faut pourtant remarquer que les 745 foyers installés chez les négociants aux environs sont payés bien plus cher à la Compagnie. Le courant est fourni par deux dynamos, pour 1 000 et 1 200 lampes à incandescence de 16 bougies. Une troisième dynamo a été installée dernièrement à cause des développements qu'on compte donner à l'installation.

On annonce que la durée moyenne des lampes à incandescence fournies par la Maxim-Weston Electric Company pour l'éclairage du théâtre du prince de Galles, dépasse 2 000 heures. Cette moyenne n'a été que de 1 420 heures pour

l'installation de la même Compagnie dans les mines de l'île de Man, la première mine anglaise éclairée à l'électricité; mais, dans ce dernier cas, beaucoup de lampes ont été cassées par accident.

Le ministère de la marine à Londres a chargé l'Anglo-American Brush Electric Light C° de l'installation de la lumière électrique à bord du vaisseau de guerre *Colossus*. On placera des lampes Brush alimentées par trois dynamos Victoria construites spécialement par la Compagnie pour l'éclairage à incandescence.

La municipalité de Leeds vient d'accepter les offres de MM. Paterson et Cooper pour l'éclairage d'une partie de ses bureaux. La bibliothèque libre sera pourvue de 284 lampes Swan de 20 bougies, dont 74 seront placées dans la grande salle de lecture, 70 dans la bibliothèque publique et 140 dans la salle où le public est admis à consulter les livres.

L'éclairage électrique des rues de la ville de Chesterfield ne paraît pas contenter les habitants, dont une partie désire retourner à l'ancien éclairage au gaz. Une pétition a été adressée au maire pour demander la convocation d'un meeting public afin de discuter la question.

Les mines de Magny, en Belgique, sont éclairées avec des lampes à incandescence.

En Allemagne, plus de 30 sucreries sont déjà éclairées à la lumière électrique.

Le contrat de la ville de Berlin avec la Compagnie allemande Edison a été définitivement ratifié mardi dernier. Parmi les édifices publics qui seront éclairés par la Compagnie figurent le vieux château royal, les palais de l'Empereur et du prince royal, l'Opéra, la Bibliothèque, les musées, les deux Hôtels-de-Ville, le bureau principal des Postes, l'Université, etc.

A l'occasion d'un bal pendant le carnaval, le théâtre d'Anvers était éclairé à l'électricité, mais à un certain moment et par une raison inconnue jusqu'ici, toutes les lampes se sont éteintes. L'installation était faite par la Compagnie Edison avec leur système à incandescence et dynamo, et l'accident a tout naturellement produit une impression très fâcheuse.

La sucrerie de Limbourg, en Bohême, est éclairée avec quatre foyers à arc du système Piette-Krizik et 75 lampes à incandescence; 69 de ces dernières ont brûlé pendant 1960 heures et sont encore parfaitement intactes et l'installation va être augmentée l'année prochaine de 40 lampes nouvelles. L'éclairage d'un autre établissement du même genre à Podébrad a donné d'aussi bons résultats, on estime même que les frais ne s'élèvent qu'à la moitié du prix de l'éclairage au pétrole employé jusqu'ici.

Il paraît que la lumière électrique ne donne pas entièrement satisfaction à Sanghaï, Chine. Les autorités sont très mécontentes, et se proposent de prendre des mesures pour résilier le contrat de la Compagnie locale, à moins que le service ne soit beaucoup perfectionné.

Le bateau à vapeur *Le Cahors*, appartenant à l'Australian Steam Navigation C°, est éclairé entièrement à la lumière électrique avec 133 lampes à incandescence du système Woodhouse et Rawson de 10, 20 et 50 bougies alimentées par une dynamo Bürgin compound. Le pont est éclairé la nuit par deux groupes de trois lampes de 50 bougies munies de globes en verre poli et pourvues d'un réflecteur. Ces groupes de lampes peuvent être déplacés de haut en bas, à volonté, et on compte les descendre à fond de cale pendant le chargement et le déchargement du vaisseau. Une lampe placée au milieu du plafond sert à éclairer deux cabines, dont l'éclairage est contrôlé par des commutateurs disposés dans les corridors.

Le 14 février dernier a été inauguré, à San-Francisco, l'éclairage électrique des rues Powell, Mason et Leavenworth, installé par la California Electric Light Company. Les lampes à arc sont de 2 000 bougies et disposées sur des poteaux de 35 pieds de hauteur. Ce mode de distribution de la lumière électrique est en grande faveur dans les Etats de l'ouest et du midi de l'Amérique, et il existe en ce moment plus de 70 poteaux ou tours de ce genre dans 14 différentes villes. La hauteur des tours varie de 50 à 220 pieds, la plus haute étant à Bay City, Michigan, mais la hauteur moyenne est de 150 pieds.

Le rapport de l'Edison Illuminating C° de New-York pour la période du 1er juin au 1er novembre 1883 constate que pour 8000 lampes en opération, la Compagnie a perçu 6 centimes par lampe et par heure. Aucune force motrice n'a été fournie aux particuliers par la station centrale qui ne peut se passer même d'une partie du courant et qui occupe un emplacement trop restreint pour qu'on puisse augmenter le nombre de générateurs.

Les journaux de Californie disent que les foyers électriques de Los Angelos sont visibles à San Clemento, c'est-à-dire à une distance de 80 milles.

La ville de Haverhill, Massachusset, va être éclairée par des lampes à arc disposées sur de grands poteaux de 100 pieds de hauteur.

Télégraphie.

Les *Annales télégraphiques* publient le rapport que M. Seligman-Lui vient d'adresser à M. le ministre des Postes et des Télégraphes sur les origines de la gutta-percha et sur la possibilité de l'acclimater dans la Cochinchine française. Les conclusions du rapport ne sont malheureusement pas en faveur d'une telle possibilité, et M. Seligman-Lui constate que la certitude est acquise, que tous les pays où croissent les guttifères nous livrent déjà leurs produits, et qu'une exploitation sans mesure a, en quelques années, détruit les réserves accumulées pendant des siècles dans les forêts de la Malaisie. Il en conclut que puisque le présent est sans remède, et que l'avenir même est compromis qu'il est urgent d'aviser, et que si l'on ne se hâte de prendre des mesures, l'industrie va bientôt manquer d'une matière qu'on n'a pas su remplacer jusqu'ici.

Le 18 mars a été signée, au ministère des affaires étrangères, la convention internationale pour la protection des câbles sous-marins. Tous les plénipotentiaires accrédités à cet effet se sont réunis en présence des ministres des affaires étrangères et des postes et télégraphes.

Les nations contractantes sont au nombre de vingt-huit, parmi lesquelles figurent toutes les puissances européennes.

L'administration générale des postes en Angleterre annonce qu'elle va enfin prendre des mesures pour améliorer d'une manière permanente et satisfaisante la communication télégraphique entre la Hollande et l'Angleterre, qui a donné lieu à de nombreuses plaintes pendant longtemps.

Le tableau suivant donne les câbles interrompus à l'heure qu'il est, ainsi que la date de l'interruption :

Câble de Brest-Saint-Pierre de l'Anglo-American C°	interrompu depuis le	1er	février	1884
Câble de Falmouth à Bilbao	—	—	11	—
Câble de Para à Maranham	—	—	13	—
Câble de Guernsey à Jersey	—	—	13	—
Câble de Jersey à Coutances	—	—	13	—
Câble de Saint-Vincent à Barbados	—	—	15	—
Câble de Trinidad à Demerara	—	—	18	—

La Commercial Cable C° vient de commander, chez MM. Elder, un bateau à vapeur destiné au service des réparations des câbles Mackay-Bennet, de 1 500 tonnes et de 1 400 chevaux de force capable de porter 750 tonnes de câble en dehors de son charbon et marchant à 11 nœuds à l'heure. C'est M. George G. Ward qui sera le directeur de la nouvelle C°.

Depuis plusieurs semaines, le câble de Block Island (Etats-Unis) est interrompu, ainsi que celui de Newport à Jamestown.

On annonce que la Western Union Telegraph C° a l'intention de réunir ses fils à New-York dans plusieurs câbles à partir de la 23e rue où finissent les tubes pneumatiques. Les câbles passeront le long des lignes du chemin de fer aérien jusqu'à Harlem, qui est la dernière station, et d'où les fils seront continués de la manière ordinaire.

Le premier câble souterrain en Australie vient d'être placé à Melbourne pour le télégraphe du chemin de fer.

Les expériences faites depuis l'année dernière à Washington par la Standard Câble C° avec leur système de câbles souterrains ont si bien réussi que les autorités ont décidé de ne plus laisser placer de fils aériens dans la ville. Les différentes entreprises télégraphiques et téléphoniques ont consenti à essayer le nouveau système. Malgré la loi qui force les sociétés de lumière électrique à New-York de mettre leurs fils sous terre dans un délai maximum de deux ans, rien n'a encore été fait dans cette direction, les Compagnies n'ayant pas assez de confiance dans aucun des systèmes proposés pour risquer une dépense si considérable. Si cette situation se prolonge, il faut s'attendre à voir la lumière à arc complètement abandonnée pour la ville de New-York.

Le Western Union Telegraph Company, aux Etats-Unis, compte plus de 10 000 manipulateurs à son service.

Le gouvernement de Chili a décidé de réunir les services des postes et des télégraphes de la République sous une seule administration.

Le prix des dépêches pour la République argentine a été réduit à 11 fr. 25 par mot.

L'administration chinoise a augmenté de 30 à 50 centimes par mot le prix des dépêches sur la ligne de Hong-Kong à Canton.

Téléphonie

Depuis quelque temps, une affiche, à la porte du Hall électrique, invite le public à se rendre aux auditions téléphoniques qui ont lieu à l'intérieur, et qui se composent d'un concert exécuté selon l'explication donnée à Auteuil, est transmis au Hall par un fil spécial. Quelques détails de ces expériences ont éveillé la curiosité du rédacteur du *Bulletin de la Compagnie internationale des Téléphones*, qui a eu l'indiscrétion de s'adresser à la Compagnie des Téléphones, où il apprit qu'il n'y avait aucune ligne télégraphique aboutissant au Hall électrique, et il en conclut fort justement que les musiciens doivent se trouver dans l'établissement même, soit dans les caves, soit au grenier.

La réduction de prix pour les dépêches télégraphiques en Angleterre n'aura lieu que l'année prochaine.

L'installation téléphonique de la ville de Munich s'est développée d'une manière d'autant plus inattendue que l'invention n'a pas été reçue avec beaucoup d'empressement au commencement. Aujourd'hui, il y a 353 abonnés avec 480 appareils, car plusieurs personnes ont 2 ou 3 instruments. Les essais qui ont été faits dernièrement entre Munich et Murnan, une distance de 60 kilomètres, ont donné de très bons résultats. On s'est servi des appareils Ader, construits en Allemagne; enfin un câble aérien de 24 conducteurs va être placé prochainement entre le bureau central et Haidhausen un des faubourgs de la ville.

A Stockholm, la Bell Telefon Aktiebolag a maintenant, sur 190 000 habitants, 1 193 abonnés, répartis dans trois bureaux centraux, ouverts la nuit comme le jour, et desservis par 60 jeunes filles. Il y a 17 stations publiques principalement installées chez de petits négociants où tout le monde est admis à se servir du téléphone, moyennant 15 centimes par conversation. Le prix de l'abonnement, à Stockholm, est de 270 fr. par an. La Société de Stockholm a installé des réseaux à Gothembourg, Malmœ, Sundswall et Helsingfors, en Finlande, partout avec beaucoup de succès; mais, comme elle ne jouit d'aucun monopole, il s'est formé dans presque toutes ces villes des associations mutuelles téléphoniques, où chaque membre paye de suite son installation et sa ligne, et où les frais d'entretien sont répartis par parts égales entre tous les membres sous forme d'abonnement très minime. C'est à Christiania, en Norwège, que s'est formée la première association de ce genre, qui a fait beaucoup de tort à la Société Bell, en la forçant à réduire ses prix, de manière à ne laisser aucun bénéfice pour pouvoir lutter avec la concurrence; c'est ainsi qu'elle est arrivée à offrir à Christiania un abonnement d'un an pour le prix de 50 fr.

Des expériences téléphoniques curieuses ont eu lieu dernièrement à Naples, où le Directeur de la Compagnie des téléphones est monté en ballon pour essayer la possibilité de rester en communication avec la terre. Un premier fil a été cassé presque immédiatement, mais par un autre la parole arrivait parfaitement bien de la terre; malheureusement, le

dernier fil a été pris entre les conducteurs télégraphiques au-dessus de la ville et il a fallu l'abandonner aussi, mais on a pu constater le passage du courant électrique de la terre au ballon, accompagné de sons de friture.

Samedi dernier, à l'occasion de la première représentation de l'opéra *Lauriana* à Lisbonne, une communication téléphonique avait été établie entre le théâtre et le palais royal de Ajuda. A l'Opéra, on avait arrangé six microphones, dont deux du type Blake et les autres de Gower Bell. Quatre de ces transmetteurs étaient placés à la base des colonnes en face du rideau, environ six pieds au-dessus de la scène, et deux de chaque côté du trou du souffleur, à une hauteur d'un pied au-dessus de la scène. La ligne formait un circuit métallique de dix milles, et on pouvait enlever n'importe quel transmetteur du circuit sans déranger les autres. Pour chaque microphone il y avait trois batteries de 2 éléments Leclanché qui se relayaient tous les vingt minutes, à cause de la polarisation rapide de ces piles en circuit fermé. Au palais on avait installé 10 récepteurs Gower-Bell cachés par des fleurs et avec deux tubes acoustiques pour chaque appareil. Toute la famille royale, que la mort récente de la princesse de Saxe empêchait de se rendre au théâtre, a ainsi pu entendre l'opéra nouveau, à la grande satisfaction du roi, qui a trouvé la transmission parfaite, ayant même pu comprendre les paroles des chanteurs.

Le service public des téléphones d'une ville à l'autre est décidément organisé en Belgique et fonctionne entre Bruxelles, Anvers, Gand, Liège, Verviers, Charleroi et Louvain.

Un nouveau câble téléphonique de 25 fils, inventé par le directeur de la Société des téléphones à Copenhague, est maintenant construit par MM. Felten et Guillaume, et va être essayé aussitôt en Danemark.

A Francfort, tous les bureaux de l'administration municipale vont être reliés ensemble par quarante nouvelles stations téléphoniques qu'on est en train d'installer en ce moment.

La question de priorité pour l'invention du téléphone semble vouloir donner lieu à une série interminable de procès aux Etats-Unis. A peine l'affaire Drawbaugh est-elle terminée, qu'un autre prétendant, M. Meucci, un italien, prétend avoir inventé ce qu'il appelle un « télégraphe phonique » pour lequel il a pris un « caveat » en 1871, étant trop pauvre pour payer les frais d'un brevet. Comme pour tous les autres inventeurs un grand nombre de témoins déposeront en faveur de M. Meucci, une Société est déjà formée pour revendiquer ses droits, et on a commencé par breveter son invention de 1870.

Les électriciens américains ont remarqué que les communications téléphoniques à grande distance se font beaucoup plus facilement dans les Etats de l'ouest que dans l'est. La seule explication donnée est que les fils de l'est sont fortement influencés par les conditions météoriques du sol. Un autre fait curieux est que la conversation est plus facile sur les fils allant directement du nord au sud ou vice versa que sur les autres lignes.

La république de Santo-Domingo vient d'accorder une concession téléphonique exclusive de 50 années pour tout son territoire.

La Sunset Telephone Company, à San-Francisco, vient d'établir une communication téléphonique entre Port-Costa et Benicia au moyen d'un câble de 4500 pieds de longueur, faisant connexion avec le câble posé il y a environ quinze jours dans la baie entre San-Francisco et Oakland. La Compagnie complètera son réseau de manière à mettre en communication toutes les villes qui avoisinent la baie, en poussant jusqu'à Sacramento.

La ligne téléphonique en construction entre New-York et Boston est presque achevée. On se sert d'un fil de cuivre n° 12.

Le bureau central téléphonique de Xenia (Ohio), a été presque totalement détruit par un incendie.

La Southern New England Telephone C° espère finir la semaine prochaine la construction d'une ligne entre New-York et Boston. Par un nouveau procédé, le fil de cuivre dont on se sert est rendu assez dur pour pouvoir être suspendu par portées assez longues sans se casser. Le cuivre est bien préférable à l'acier et au fer pour de longues lignes télégraphiques et téléphoniques, car non seulement sa conductibilité est plus grande, mais l'induction se fait bien moins sentir. La nouvelle ligne, qui formera un circuit métallique, présente ainsi un intérêt tout particulier, puisque c'est la première d'une longueur aussi considérable en cuivre, et si l'essai réussit, la Compagnie a l'intention de commencer immédiatement la construction d'une deuxième ligne pareille entre les mêmes villes.

Les épiciers de la petite ville Terre-Haute, aux Etats-Unis, se sont dernièrement mis d'accord pour obtenir une réduction du prix de la C° des Téléphones, mais la C° ayant refusé toute réduction, les épiciers ont été forcés de reprendre leurs appareils, qui d'un luxe, sont devenus une nécessité.

Depuis quelque temps on fait à Pittsburg des expériences avec des câbles souterrains qui donnent des résultats fort satisfaisants. Les câbles semblent surtout admirablement adaptés pour des lignes téléphoniques, car la terre supprime toute induction, même celle des lignes aériennes qui sont reliées aux câbles.

La Compagnie de Telegraphos urbanos de Rio de Janeiro possède maintenant cinq réseaux téléphoniques dans différentes villes avec un total de 1 005 abonnés. La Compagnie est en train d'installer le téléphone dans quatre autres villes importantes, qui lui ont garanti un nombre de 600 abonnés chaque.

Selon le Salt Lake Herald, les petites villes de Prood, American Fork, etc., qui entourent Salt Lake City, vont être reliées par téléphone avec la capitale des Mormons, qui est déjà pourvue de 145 foyers électriques.

Le nombre des abonnés au réseau téléphonique de Boston a été augmenté de 150 membres pendant le mois dernier.

Le Gérant : A. Noaillon.

Paris. — Imprimerie P. Mouillot, 13, quai Voltaire. — 46440

La Lumière Électrique

Journal universel d'Électricité

51, rue Vivienne, Paris

DIRECTEUR : Dr CORNELIUS HERZ

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : AUG. GUEROUT | ADMINISTRATEUR : HENRY SARONI

6e ANNÉE (TOME XI) SAMEDI 29 MARS 1884 N° 13

SOMMAIRE

Les récents progrès dans les machines dynamo-électriques; Aug. Guerout. — Orage et coups de foudre en fragments globulaires observés à Amiens; C. Decharme. — Sur la direction des courants dans un circuit fermé passant devant un pôle magnétique (2e article); F. Geraldy. — Revue de l'Exposition de Vienne : Application de l'électricité aux chemins de fer; E. Sartiaux. — Les machines à vapeur rapides (4e article); G. Richard. — Chronique de l'étranger : Angleterre; J. Munro. — Revue des travaux récents en électricité. — Disposition téléphonique à dérivation magnétique. — Action des effluves électriques sur l'oxygène et l'azote en présence du chlore, par MM. Hautefeuille et Chapuis. — Action de deux parties consécutives d'un même courant, par M. A. Buguet. — Correspondance : lettre de M. Girardo Badia. — Faits divers.

LES RÉCENTS PROGRÈS DANS LES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

M. le professeur Silvanus P. Thompson a fait, le 28 février dernier, à la *Society of Arts* une intéressante conférence sur les progrès accomplis dans les machines dynamo-électriques. Cette conférence contient bon nombre de faits nouveaux, et nous allons en donner le résumé en en traduisant intégralement les passages les plus importants.

Après quelques considérations générales, M. S.-P. Thompson aborde la théorie physique des machines dynamo-électriques.

« Je prendrai, dit-il, pour point de départ la distribution du potentiel autour du collecteur d'une dynamo. M. W.-M. Mordey, qui le premier a appelé mon attention sur l'irrégularité de cette distribution dans les machines mal construites, a proposé la méthode suivante pour l'observer. Une des bornes d'un voltmètre était reliée à l'un des balais d'une dynamo et l'autre borne communiquait par un fil avec un petit balai ou ressort métallique qui pouvait être pressé contre le collecteur tournant, en un point quelconque de sa circonférence. J'ai alors indiqué qu'on pourrait avantageusement grouper ces indications autour d'un cercle correspondant à la circonférence du collecteur. Les figures 1 et 2 montrent l'augmentation successive du potentiel dans une bonne machine Gramme, depuis sa plus basse jusqu'à sa plus haute valeur. Les mêmes valeurs qui sont marquées autour du cercle de la figure 1 sont représentées en ordonnées verticales sur la ligne horizontale de la fig. 2. Je fis remarquer à cette époque que si le champ magnétique dans lequel tournait l'armature était uniforme, cette courbe serait une sinusoïde, et que l'activité ou l'inactivité relative des bobines dans les différentes parties du champ pouvait être appréciée par la rapidité de la pente de la courbe à ses différents points. Vers la même époque, je poussai cette méthode d'observation un peu plus loin en employant dans le même but deux petits balais métalliques, distants l'un de l'autre de l'espace compris entre le milieu de deux lames consécutives du collecteur de ma petite dynamo Siemens (1). Tandis que le collecteur tournait, ces deux petits balais donnaient sur le voltmètre une indication qui mesurait exactement l'activité de l'induction dans la section de l'armature qui traversait la région du champ correspondant à la position des contacts. Pour ma dynamo Siemens, je trouvais un résultat assez satisfaisant, car la différence de potentiels indiquée était presque nulle aux sections les plus rapprochées des balais même de la machine et maximum à peu près à mi-chemin entre eux. En effet, les différences de potentiels augmentaient d'une façon considérable à 90° des balais ordinaires, ou exactement dans la région où (comme on le voit dans la figure 2) la pente de la courbe du potentiel total était la plus grande. Il faut noter ici un resultat immédiat des observations de M. Mordey sur la distribution du potentiel et de ma manière de les figurer. Je fis

(1) Cette même méthode a déjà été employée par M. Isenbeck.

remarquer à M. Mordey que dans une dynamo où la distribution était défectueuse et où les courbes du potentiel total présentaient des irrégularités, le défaut était causé par des irrégularités dans l'induction aux différentes parties du champ et qu'il fallait y remédier en changeant la distribution des lignes de force dans le champ par une modification de la forme des épanouissements polaires. Après quinze mois, je puis aujourd'hui féliciter M. Mordey du succès entier et complet avec lequel il a donné suite à ces suggestions. Il a entièrement supprimé les étincelles qui se produisaient dans une machine Schuckert.

« Depuis ces essais j'ai fait d'autres expériences sur ma dynamo Siemens. La machine a été démontée et ses inducteurs ont été excités séparement. Deux lames consécutives du collecteur ont ensuite

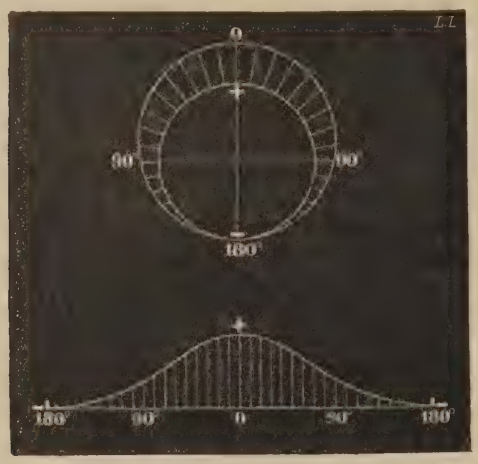


FIG. 1 ET 2

été reliées à un galvanomètre à reflexion ayant une aiguille assez lourde et lente. Un petit levier emboîté sur le collecteur permettait de tourner l'armature à la main par des angles successifs égaux à 10°, le collecteur ayant 36 lames.

« Naturellement les déviations obtenues mesuraient l'intensité de l'effet d'induction à chaque position. Ce résultat confirmait les conclusions de la méthode des deux balais.

« Je parle de ces méthodes qui ont été employées dans mon laboratoire à Bristol et qui n'ont pas encore été publiées, parce qu'elles appartiennent strictement à la théorie physique de la dynamo développée dans mes Cantor Lectures, et aussi à cause de leur application pratique à toutes les dynamos qui présentent un défaut de ce genre. Elles sont également en relation intime avec les recherches du Dr Isenbeck, qui commandent aussi notre attention. »

M. S. P. Thompson fait alors connaître l'appareil d'Isenbeck tel qu'il a été décrit dans *La Lumière Electrique* (vol. X, p. 89). Il rappelle que, quand on déplace la bobine dans la région marquée 0°, c'est-à-dire à l'une des extrémités du diamètre perpendiculaire à la ligne des pôles, il n'y a pas d'induction dans cette bobine, mais que si le mouvement de la bobine a lieu dans des régions de plus en plus rapprochées du pôle, l'induction se produit et croît, puis cesse et reprend de nouveau avec une grande intensité dans la région du pôle, et que cette puissante induction près des pôles est confinée à un arc de 12 degrés de part et d'autre, tandis qu'au delà de ces points il se produit des inductions contraires donnant naissance à des forces électromotrices inverses de celles qui sont engendrées dans la région des pôles.

« M. Isenbeck a trouvé, continue M. S. P. Thompson, que ces inductions inverses étaient même plus apparentes quand on plaçait dans l'anneau un disque en fer ou un aimant intérieur de pôles contraires, mais un aimant renforçant y remédiait un peu. Naturellement, une action de ce genre, dans une armature Gramme, ayant lieu dans toutes les bobines, excepté celles qui sont comprises dans un arc de 12° de chaque côté de la ligne centrale des pôles, serait absolument désastreuse pour le fonctionnement de la machine, et l'accroissement du potentiel autour du collecteur ne serait jamais régulier. Dans la figure 3, j'ai copié la courbe d'induction de M. Isenbeck pour les quatre cadrants consécutifs. De 0° à 90°, la bobine exploratrice est censée se mouvoir dans des positions successives depuis l'endroit où serait le balai négatif dans la vraie dynamo jusqu'à un point en face du pôle S de l'inducteur pointu. De 90° à 180°, elle fait le tour jusqu'au balai positif; de 180° à 270°, elle passe à un point en face du pôle N, et de 270° à 360°, elle retourne au balai négatif. Puisque partout la hauteur de cette courbe mesure l'induction qui a lieu dans une section type lorsqu'elle se meut dans la région correspondante du champ, et puisque dans l'anneau Pacinotti ou Gramme les sections sont reliées tout autour de l'anneau, il s'ensuit que le potentiel actuel, en n'importe quel point dans les séries de sections, peut être déterminé en faisant le total des forces électromotrices induites jusqu'à ce point. En d'autres termes, il faut intégrer la courbe pour obtenir la courbe correspondante de potentiel qui représente l'état réel des choses autour du collecteur de la machine.

« La figure 4 donne le résultat de cette intégration faite expressément pour moi d'après la figure 3, à l'aide de l'intégrateur très ingénieux de M. C. Vernon Boys. La hauteur de l'ordonnée de cette deuxième courbe en n'importe quel point est proportionnel à la surface totale comprise sous la première courbe jusqu'au point correspondant. Ainsi la hauteur à 90° dans la deuxième courbe est pro-

portionnelle à la surface totale comprise sous la première. On observera que, bien que l'induction diminue après 90° (fig. 3, première courbe), et tombe à zéro à 102° environ, le total des potentiels

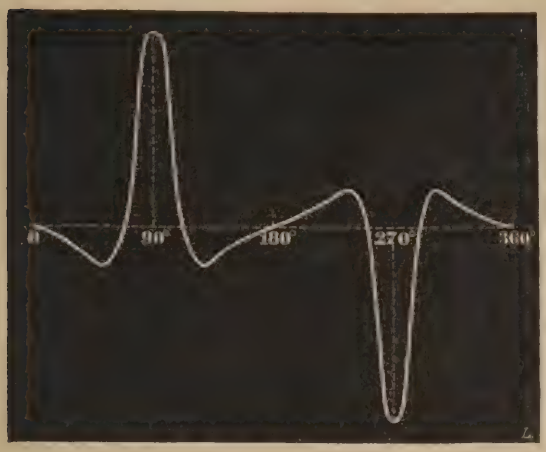


FIG. 3

(fig. 4, seconde courbe), augmente jusqu'à 102°, où il est maximum, pour diminuer ensuite, parce que, comme la première courbe le montre, il y a à partir de ce point jusqu'à 180°, une fausse induction en sens inverse. Si cette courbe de potentiel était vraiment observée sur une dynamo, nous pourrions être certains d'obtenir une plus grande force électromotrice en déplaçant le balai de 102° à 108° ou à 258°, où le potentiel est plus grand.

« Toute dynamo dans laquelle la courbe des potentiels au commutateur presenterait des irrégularités comme la figure 4, serait une machine inefficace et donnerait probablement beaucoup d'étincelles au collecteur. Il est evident que l'induction dans quelques-unes des bobines est en opposition avec celle qui a lieu dans d'autres bobines avoisinantes.

« Deux questions se présentent naturellement :

FIG. 4

Pourquoi se produisent ces inductions fâcheuses dans l'anneau, et comment peut on y remédier ? Les recherches du Dr Isenbeck donnent la reponse à ces deux points. Il a calculé d'après les lois du potentiel magnetique le nombre de lignes de force qui seront coupées aux différents points du parcours de l'anneau.

« En examinant l'expression mathématique compliquee pour ce cas, il trouve qu'elle donne des valeurs négatives pour des angles entre 12° et 90°. Les courbes ayant des valeurs qui satisfont à ces équations, ont des minima exactement dans les régions où ses expériences les indiquent. Ceci est en soi très satisfaisant, mais nous pouvons arriver à une conclusion absolument semblable d'une manière bien plus simple, en considérant la forme et la distribution des lignes de force magnétique dans le champ. Celles-ci sont representees dans la figure 5 en même temps que la bobine exploratrice, placée entre 0 et 90°. Une simple inspection de la figure suffira pour faire voir qu'à 0° un certain nombre de lignes de force traverseraient la bobine. A mesure que celle-ci tournerait vers le pôle S, leur nombre augmenterait d'abord,

FIG. 5

puis après un moment d'inactivité une diminution très rapide commencerait qui, au moment où la bobine passerait le point de 90°, aurait pour résultat de ne laisser aucune ligne de force à travers celle-ci. Mais exactement au même moment, les lignes de force se presenteraient en foule de l'autre côte de la bobine, et le nombre qui la traverserait ainsi négativement augmenterait jusqu'au moment où la bobine occuperait à peu près la position T où les lignes de force sont presque tangentes à son parcours, et ici l'inversion se produirait parce que, à partir de ce point jusqu'à 180° le nombre de lignes de force traversant la bobine diminuerait. Nous voyons donc que des inversions d'induction de ce genre doivent nécessairement se produire dans une petite bobine tournant dans un champ magnétique dans lequel les lignes de force sont distribuees dans les directions courbees, et avec la densité inégale que présente cette disposition des inducteurs. Le remède est tout indique : il faut disposer un champ plus uniforme dans lequel les lignes de

force soient plus également distribuées et plus droites.

« Si on remplace le noyau en bois par un autre en fer, l'induction utile est plus grande et la fausse

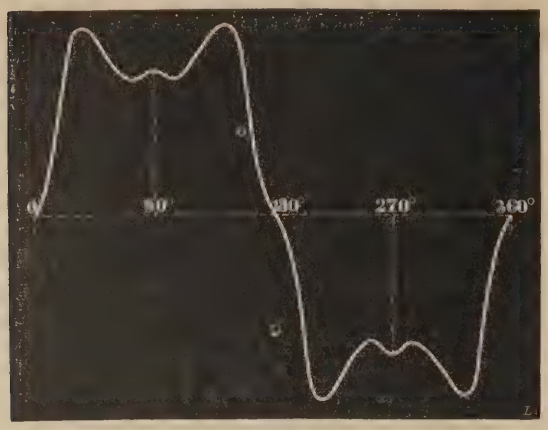


FIG. 6

induction diminue; il y a toujours une inversion, mais elle a lieu à 25° environ du pôle et sa quantité est insignifiante.

« L'introduction d'épanouissements polaires formant deux arcs semi-circulaires de chaque côté des aimants a pour effet, si l'anneau en bois est maintenu comme noyau, de changer l'induction complètement, de sorte qu'au lieu de donner un maximum à 90° du point de départ, la courbe en présentera un à environ 10° et un autre à 170° ! Toutefois, si nous introduisons un double perfectionnement en employant en même temps les épanouissements polaires en fer et le noyau en fer, l'effet est immédiatement changé. Il n'y a plus aucune inversion, bien que l'induction présente toujours quelques particularités. La fig. 6 représente la courbe d'induction tirée du mémoire du Dr Isen-

FIG. 7

beck et la fig. 7 est la courbe de potentiel que j'ai fait intégrer d'après celle-ci. En considérant la fig. 6, nous voyons qu'en partant de 0°, l'induction croît rapidement et atteint son maximum à 20° environ, quand la bobine est bien en face du bout de l'épanouissement polaire. A partir de ce point, l'induction, quoique moindre, a toujours une valeur élevée. Elle présente une petite augmentation momentanée au moment où la bobine passe devant le pôle, à 90°, et il y a un autre maximum à 160° environ, lorsque la bobine passe devant l'autre bout de l'épanouissement polaire. Ma courbe intégrée (fig. 7) montre ce qui aurait lieu au collecteur pour une action de ce genre dans la combinaison de bobines reliées d'un anneau Pacinotti ou Gramme. Le potentiel s'élève continuellement depuis 0° jusqu'à près de 180°. Pourtant cette courbe n'est pas parfaite.

« En cas de perfection, la courbe du potentiel s'élèverait sous une forme ondulatoire parfaitement harmonique, comme celle de la fig. 2. La fig. 7 en diffère largement, car elle est convexe de 0° à 90° et concave entre 90° et 180°; mais il n'y a aucune inversion. La cause de cette amélioration est facile à comprendre : le champ, tel qu'il existe entre les épanouissements polaires et le noyau, est plus droit et la densité de ses lignes de force est plus uniforme. Je l'ai prouvé expérimentalement en 1878 par le procédé fort simple qui consiste à examiner les lignes de force d'un champ de ce genre avec de la limaille de fer, la limaille même maintenue à sa place sur un morceau de verre gommé fut envoyée à M. Alfred Niaudet qui m'avait demandé d'examiner la question. La fig. 8 donne le vrai champ entre les épanouissements polaires circulaires et l'anneau de fer. On verra que, tout en étant presque droite dans la région étroite intermédiaire, la limaille n'est pas également distribuée, car elle est un peu plus dense en face des épanouissements polaires. Nous jetterons un coup d'œil sur un autre cas examiné par le Dr Isenbeck. Il a trouvé que l'action est augmentée par l'introduction dans l'anneau d'un aimant intérieur ayant des pôles S et N en face des pôles extérieurs du même nom. La courbe d'induction qui est représentée par la fig. 9 montre qu'il y a deux maxima à des points un peu au delà des épanouissements polaires comme auparavant, mais entre eux il y a un maximum encore plus grand en face des pôles mêmes. Ce cas a également été intégré sur la machine de M. Boys et donne la courbe de potentiel de la fig. 10. Celle-ci s'approche encore plus de la forme ondulatoire harmonique, car elle est concave de 0° à 90° et convexe de 90° à 180°.

« Des recherches du Dr Isenbeck et des courbes intégrées de potentiel que j'en ai déduites, je passe maintenant à d'autres expériences, que j'ai faites en vue de jeter quelque lumière sur la question de savoir laquelle des deux formes d'armature est la meilleure, celle de Pacinotti avec des dents en fer, qui s'avancent, ou celle de Gramme, dans laquelle le noyau en fer est entièrement couvert de fil enroulé

autour. On a présumé que l'anneau Gramme était un perfectionnement de celui de Pacinotti, mais, à ma connaissance, aucune raison n'a été avancée en faveur de cette présomption. L'anneau Pacinotti était en fer solide avec des dents s'avançant au dehors comme en dedans et avec des bobines interposées. Celui de Gramme était fait « ou d'une seule pièce de fer, ou d'un faisceau de fils de fer avec des bobines enroulées sur la surface entière.

« Il est facile de déterminer par des expériences si la construction de Gramme est meilleure que celle de Pacinotti ou non; et les expériences peuvent seules décider s'il vaut mieux garder toujours une épaisseur de fil entre les épanouissements polaires et le noyau ou rendre le champ plus intense en renforçant puissamment les lignes de force par des

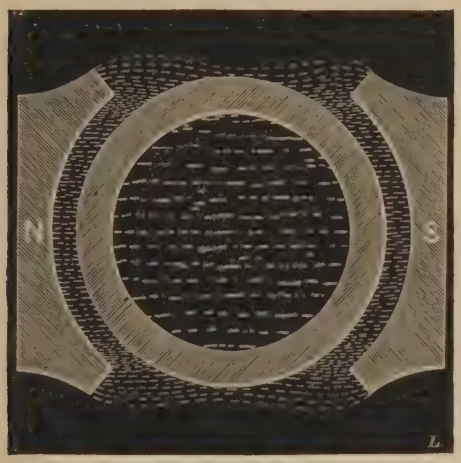


FIG. 8

dents en fer. L'appareil que j'ai construit pour déterminer cette question est représenté dans la figure 11. Il se compose d'abord de deux aimants montés sur un cadre pour produire un champ magnétique et d'épanouissements polaires qui peuvent être enlevés à volonté; de fait, il y a trois combinaisons d'épanouissements polaires pour essayer différentes formes. Entre les pôles est placé un axe en laiton sur lequel les armatures peuvent être fixées. Il y a trois de ces armatures, dont l'une est représentée dans les fig. 12 et 13, qui consiste en deux bobines de fil fin enroulé sur un anneau en bois; une autre armature est absolument pareille, seulement bâtie sur un anneau en fer; une troisième, représentée à sa place dans la fig. 11, est construite sur un anneau denté, composé d'un nombre de plaques de tôle découpées et placées à plat l'une sur l'autre. Sur chaque armature, sont deux bobines aux extrémités d'un même diamètre. Les bobines contiennent exactement la même longueur de fil de cuivre couvert de soie provenant de la même botte. La section transversale du noyau dans chaque bobine est, dans tous les cas, d'un centimètre carré, de sorte que le nombre de tours est le même pour chaque bobine autant que possible. Je puis placer n'importe laquelle de ces ar-

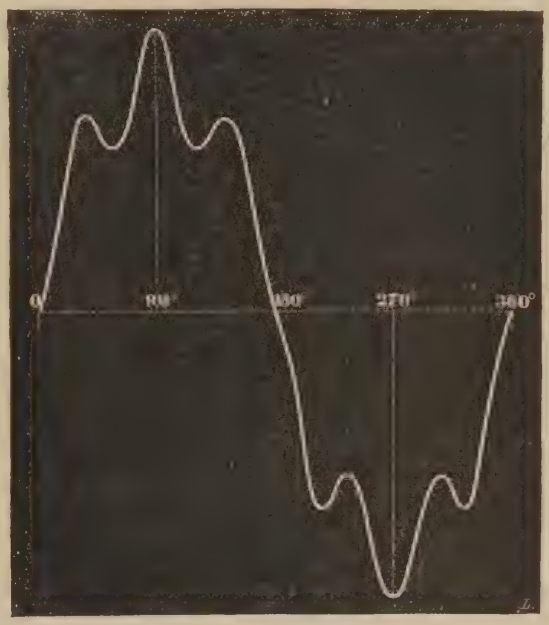


FIG. 9

matures dans le champ et la relier à un galvanomètre. Un levier, vissé sur l'armature, sert à la déplacer.

« J'ai employé deux procédés pour comparer les bobines : l'un est de faire faire brusquement à l'armature un quart de tour, de manière à faire avancer les bobines de 0° à 90°; la déviation de

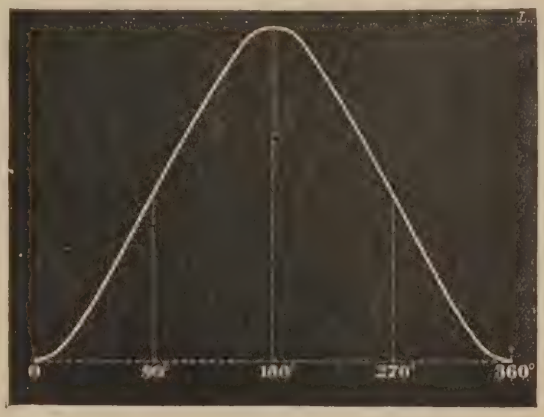


FIG. 10

l'aiguille du galvanomètre, qui est apériodique, me donne alors la mesure de la totalité de l'induction dans l'armature.

Voici quels sont les résultats :

Gramme — Anneau en bois	Gramme — Anneau en fer	Pacinotti — Anneau à dents de fer
5	24	50

« Ma deuxième méthode d'employer ces armatures consiste à faire parcourir brusquement aux bobines une distance égale à leur propre épaisseur, les bobines étant successivement placées dans différentes positions du champ. La déviation du galvanomètre est observée comme avant. Chaque bobine occupe aussi exactement que possible une largeur angulaire de 15°. En conséquence, j'ai placé deux arrêts pour limiter le mouvement du levier à cette distance, et il y a par derrière un cercle gradué qui me permet de fixer l'armature avec les bobines dans une position quelconque. Si nous déplaçons ainsi les bobines par six fois, et chaque fois à travers leur propre largeur angulaire, nous

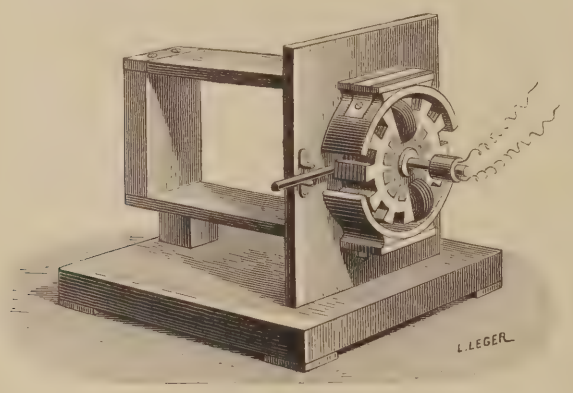


FIG. 11

arrivons, en partant de 0°, à 90° en six mouvements.

« La fig. 14 donne les trois courbes obtenues de cette façon, et les nombres sont indiqués dans le tableau suivant :

	GRAMME — Anneau en bois	GRAMME — Anneau de fer	PACINOTTI — Anneau de fer à dents
0° à 15°	5	25	30
15° à 30°	10	60	70
30° à 45°	»	120	140
45° à 60°	45	195	320
60° à 75°	40	200	380
75° à 90°	30	220	360

« Ces chiffres ne laissent aucun doute sur la question. Loin d'être un perfectionnement sur l'anneau de Pacinotti, le modèle de Gramme constitue un pas en arrière bien prononcé, en supposant toutefois les frais de construction, la tendance à l'arrachement, et les autres conditions de ce genre égales pour les deux cas. Je reviendrai plus tard sur l'importance de ce point.

« Avant de quitter la théorie des armatures pour passer à celle des inducteurs, je voudrais remar-

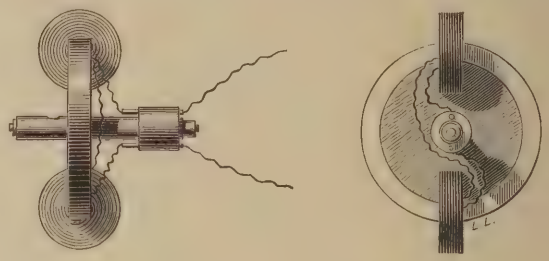


FIG. 12 ET 13

quer que mes expériences, ainsi que celles du Dr Isenbeck, ont été si instructives pour moi, que j'ai déjà commencé, sur d'autres formes d'armatures, une série d'observations analogues, dont j'espère, en leur temps, faire connaître les résultats. »

Cette conclusion relative à l'efficacité de l'armature Pacinotti est intéressante au plus haut degré. Il y aurait pourtant une observation à faire sur la façon dont a été faite l'expérience. M. S.-P. Thompson nous dit bien que les bobines sont faites avec la même longueur de fil identique, que

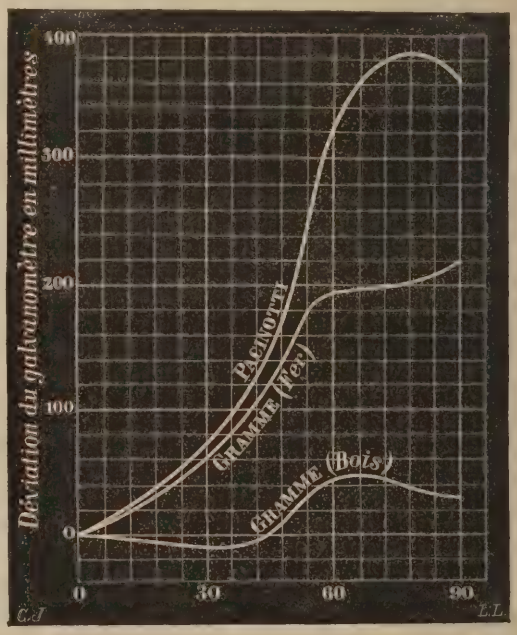


FIG. 14

le nombre de spires est le même, que la partie de l'anneau sur laquelle elles sont enroulées à la même section dans les trois cas, mais il ne nous dit pas que les deux anneaux de fer aient la même masse.

Il serait possible qu'il y eût là une influence de masse en faveur de l'armature Pacinotti, et il serait intéressant de répéter l'expérience avec deux anneaux de fer, l'un denté, l'autre régulier, ayant tous deux exactement le même poids.

Après avoir rappelé les recherches récentes sur le calage des balais, recherches qui sont connues de nos lecteurs, M. Thompson passe en revue les perfectionnements apportés aux différentes machines dynamo-électriques. Il cite la machine Edison, modifiée par Hopkinson, que nous avons décrite (vol. X, p. 358), la machine Siemens à double enroulement (*La Lumière Electrique*, vol. IX,

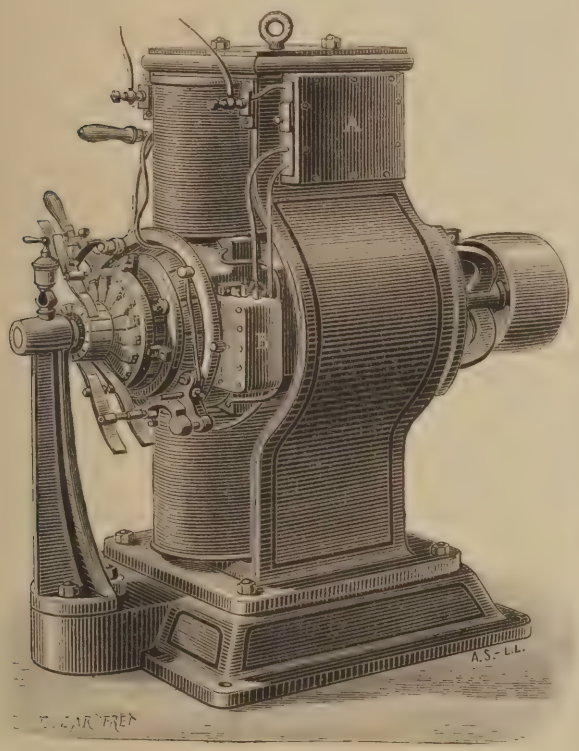


FIG. 15

p. 289, et vol. XI, p. 443), la machine Weston, dont l'armature est construite, comme il a été dit dans ce recueil, vol. IV, p. 311. M. Thompson signale, à propos de cette armature, un perfectionnement récent. M. Weston vient d'adopter un nouveau mode d'enroulement à deux circuits, de sorte qu'un accident arrivé à une section n'interrompt pas complètement le fonctionnement de la machine.

Après quelques mots sur la machine Gramme et celle de M. Marcel Deprez, M. S.-P. Thompson arrive à la machine Hochausen. Cette machine (fig. 15 et 16) n'a pas encore été décrite dans ce recueil; nous la décrirons rapidement, d'après un article publié dans l'*Engineering*. Elle présente à peu près l'aspect d'une machine Siemens verticale; mais les bases des électros sont réunies par deux plaques bombées en fer qui forment les deux côtés de la machine. L'armature est du genre Gramme, mais formée d'anneaux, coupés de telle façon que les

FIG. 16

bobines enroulées séparément peuvent être enfilées sur le cylindre; la partie qui a servi à les introduire peut être ensuite fermée par des arcs qui complètent les anneaux. Cette machine est munie d'un

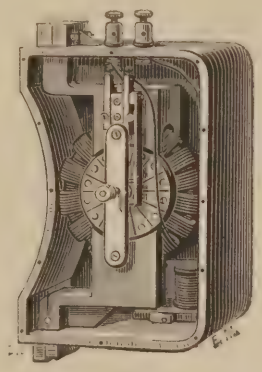


FIG. 17

régulateur qui agit en modifiant le calage des balais. Une boîte B contient un petit moteur genre Pacinotti, représenté à part fig. 17, et dont les pôles sont formés par des pièces de fer vissées

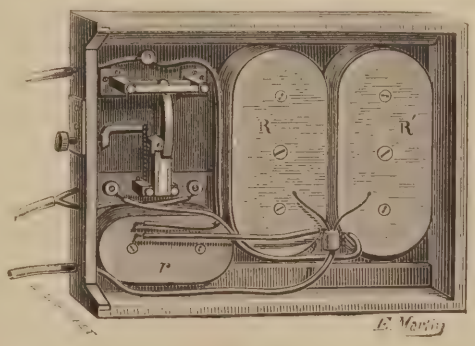


FIG. 18

sur les épanouissements polaires de la machine. L'axe de ce moteur engrène sur une roue dentée qui porte les balais; sa marche est réglée par un mécanisme contenu dans une seconde boîte A, re-

présentée à part fig. 18. Le schéma de la fig. 19 permettra de suivre le jeu de ce réglage. Un levier coudé AB se trouve à proximité du noyau de l'électro supérieur, et la branche A étant en fer, sa position est réglée par l'intensité magnétique de ce noyau. Ce levier est intercalé en M dans le circuit des inducteurs.

Pour la marche normale de la machine, le bras A est horizontal et le bras B s'appuie sur deux contacts représentés sur la figure par deux forts traits noirs et portés par un second levier coudé qu'un ressort de rappel C tend à ramener en avant. Dans ces conditions, le courant qui parcourt le circuit inducteur trouve deux routes de résistance égale,

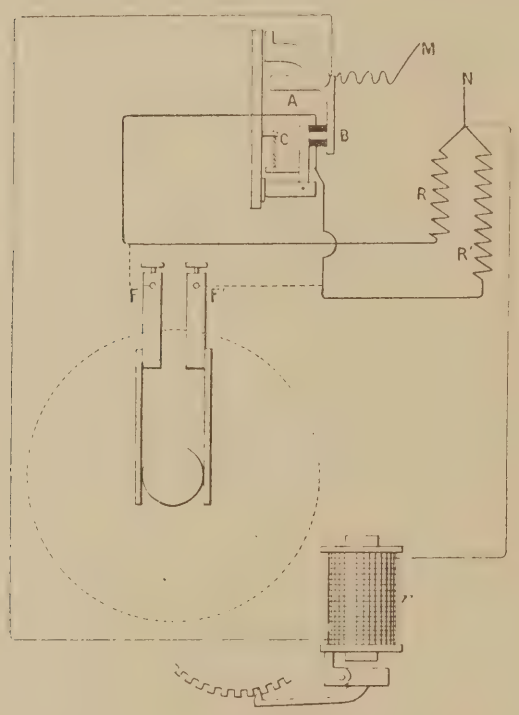


FIG. 19

par chacun des deux contacts et les deux résistances R et R'. Le moteur FF' branché sur ces deux routes se trouve alors relié à deux points d'égal potentiel et ne tourne pas. Si maintenant l'intensité augmente dans les inducteurs, le bras A est soulevé, et B ne touche plus que le contact inférieur. Le courant du circuit inducteur traverse alors d'une part la résistance R', de l'autre le moteur et la résistance R. Le moteur tourne dans le sens voulu pour ramener l'équilibre en déplaçant les balais. Si, au contraire, l'intensité diminue dans les inducteurs, le bras A s'abaisse, B ne touche plus que le contact supérieur, le courant passe seulement par le moteur et la résistance R' et tourne dans le sens inverse du premier cas, de manière à ramener convenablement les balais. La résistance *r* (fig. 18 et 19) est destinée à dériver une partie du courant afin de n'en laisser passer que juste la quantité nécessaire pour faire marcher le moteur. Dans la disposition de la figure 18, cette résistance est inerte. Dans certains cas, ainsi que le montre le schéma, on l'utilise en lui donnant la forme d'un électro-aimant qui embraye ou débraye le moteur et l'empêche de tourner trop long temps par suite de l'inertie.

Ce mode de réglage a l'inconvénient que présentent tous les réglages à déplacement des balais, celui de faire fonctionner la machine dans de mauvaises conditions et de déterminer la production d'étincelles aux balais. Aussi M. Hochausen indique-t-il un autre mode de réglage. Dans ce dernier, la disposition générale est la même, mais les inducteurs sont formés de galettes séparées. Le moteur, au lieu de décaler les balais, fait tourner un bras qui, courant sur deux rangées de contacts, enlève ou ajoute aux inducteurs le nombre de galettes nécessaires pour rétablir la marche normale de la machine.

« La construction de cette machine, dit M. Thompson, qui frappe l'œil comme étant mécaniquement et magnétiquement mauvaise, est revendiquée comme constituant une des qualités de la machine ; elle paraît cependant, en dépit de ses aimants, fonctionner très bien... Je n'ai vu aucun rapport donnant son rendement. »

Les machines à anneau plat, celles de Fein, de Schuckert, de Gulcher ont été ensuite abordées par le conférencier, et il a donné à cette occasion, sur les machines *Victoria*, dont nous avons parlé dans notre article du 8 mars dernier, des détails qui compléteront ce que nous avons dit.

M. Mordey, qui a étudié de près la construction de ces machines, s'est attaché particulièrement à la forme des épanouissements polaires. Ces derniers, dans les premières machines Schuckert, étaient formés de ponts en fer qui occupaient un grand arc sur la circonférence de l'anneau. M. Thompson avait émis l'opinion, basée sur les diagrammes de la distribution du potentiel au collecteur, que ces larges pièces polaires produisaient de fausses inductions donnant naissance à des forces électromotrices inverses et produisant aux collecteurs des points neutres secondaires. M. Mordey a trouvé que cette opinion était exacte, et après de longues expériences est arrivé à une forme d'épanouissements qui remédie complètement aux inconvénients signalés. Cette forme est celle que représentent les figures 14 et 15 de notre précédent article. Les épanouissements sont en fonte et coulés sur les noyaux de fer doux des inducteurs. L'armature se rapproche de celle de M. Pacinotti ; elle est formée de lames de tôle superposées et bien isolées électriquement et magnétiquement les unes des autres, et le noyau magnétique ainsi formé

présente des dents entre lesquelles sont enroulées les sections. L'armature est en outre disposée de façon qu'il s'y produise une bonne ventilation. Comme nous l'avons déjà indiqué, le nombre des balais, qui était d'abord de quatre, a été réduit à deux placés à 90°. Cela a été obtenu en reliant ensemble les sections de l'armature qui occupent des positions semblables par rapport aux pôles et en réunissant métalliquement l'une avec l'autre les lames du collecteur qui sont au même potentiel, c'est-à-dire celles qui se trouvent aux extrémités d'un même diamètre. La figure 20 donne la distribution des potentiels au collecteur. On voit que la marche est parfaitement régulière, et cela serait encore plus apparent si on développait sur une ligne droite la circonférence du collecteur. En déduisant de cette courbe la courbe d'induction dont il a été question plus haut, on trouve qu'elle présente un maximum positif vers 30° et un maximum négatif vers 120°, c'est-à-dire aux points où, dans la courbe de potentiel, la pente montante et la pente descendante sont le plus marquées. Ces maxima d'induction sont situés presque exactement en face des bords des épanouissements, du côté vers lequel tourne l'armature. Il est probable que les lignes de force sont plus denses en ces endroits. D'après M. Thompson, ce déplacement explique l'infériorité des premières machines à larges épanouissements polaires.

« Dans ces machines, dit-il, le maximum d'induction était déplacé jusqu'au bord extrême de l'épanouissement, et par suite l'induction était subite et irrégulière. C'est un curieux résultat que, dans les machines à armature cylindrique, les épanouissements doivent embrasser une grande partie de l'anneau, tandis que dans celles où l'annneau est plat, les épanouissements polaires ne doivent pas être larges.

« La dynamo Victoria se règle elle-même, tous ses inducteurs étant à double enroulement, les fils du circuit principal en dedans et les fils dérivés en dehors. La caractéristique de cette machine est remarquablement droite. Dans un type D², enroulé pour donner un potentiel de 60 volts, les valeurs suivantes ont été obtenues : à circuit ouvert, 58 volts; pour 20 ampères, 59 volts; pour 60 ampères, 59,7 volts; pour 90 ampères, 59.9 volts. pour 120 ampères, 60 volts. On voit que, pour de faibles débits, le potentiel baisse un peu, mais c'est dans ces circonstances que la vitesse de la machine s'élève légèrement, de sorte que la constance du potentiel entre les conducteurs principaux est un peu plus grande que ne l'indiquent ces chiffres. En pratique, le réglage est merveilleux. J'ai moi-même ouvert le circuit d'une machine Victoria au moment où elle alimentait 101 lampes, 100 à distance et une entre les bornes de la machine. En détachant de la borne le fil principal les 100 lampes furent éteintes tout d'un coup; la lampe restée seule sur la machine ne bougea même pas, et il n'y eut pas de flamme aux balais. Les étincelles au collecteur étaient si faibles qu'il était impossible de dire si la machine marchait à circuit ouvert ou se trouvait en plein travail. Le calage des balais était le même pour tous les débits. »

La grande machine à 8 pôles (fig. 14 de notre précédent article) est capable d'alimenter 750 lampes à incandescence, son anneau a 120 sections. Chaque lame du collecteur est reliée à celles qui en sont distantes de 90°, 180° et 270° et il n'y a que deux balais.

M. Thompson cite ensuite la machine à 12 pôles, de Gramme (*La Lumière Electrique*, n° du 9 février 1884) comme une preuve de ce fait que l'on reconnaît comme avantageuses les machines multipolaires; en partant d'un type de machine Schuckert analogue à la machine Victoria, il s'occupe de l'anneau plat et signale comme imaginaire l'avantage généralement attribué à cet anneau, savoir qu'il laisse moins de fil inutilisé. Selon lui, les véritables raisons qui militent en faveur des anneaux plats multipolaires sont : 1° leur excellente ventilation; 2° la difficulté avec laquelle elles sont endommagées aux grandes vitesses par suite de l'écart de leurs fils sous l'influence de l'inertie tangentielle (souvent appelée improprement force centrifuge); 3° leur faible résistance due à ce fait que les sections séparées sont reliées transversalement en quantité soit dans l'anneau même, soit au collecteur. A ces avantages, on peut ajouter qu'à vitesse tangentielle égale, une armature tournant entre quatre pôles est soumise à deux fois plus d'in-

FIG. 20

ductions que celle qui ne tourne qu'entre deux pôles.

M. Thompson indique ensuite des perfectionnements apportés par M. Crompton à la machine Bürgin. Dans une construction toute récente, l'armature si particulière de la machine Bürgin a été remplacée par une armature qui tient à la fois de celle de Weston et de celle de Pacinotti, et cela dans le but d'avoir un circuit magnétique aussi complet que possible. On a cherché à accroître l'intensité du champ en mettant beaucoup de fer dans l'armature et rapprochant ce fer autant que possible des pièces polaires. Il en résulte un accroissement extraordinaire de ce que sir William Thomson appelle l'*activité de la machine*, c'est-à-dire la quantité de travail fait par seconde. La machine a 1 mètre de long, 30 centimètres de haut et 60 centimètres de large. L'armature a 42 cent.5 de long et 20 cent. de diamètre. A 1 000 tours

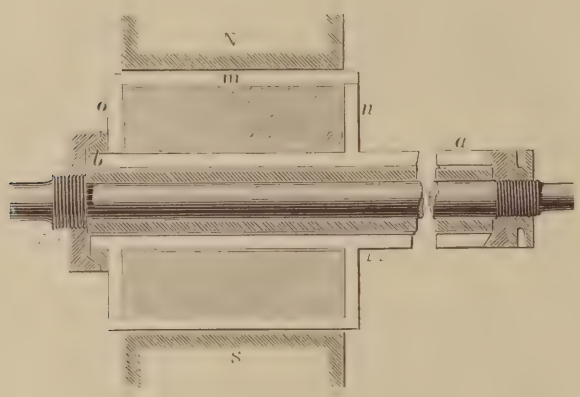


FIG. 21

par minute, la machine donne 110 ampères avec 145 volts, c'est-à-dire que son activité est de 15 950 watts, mais à cette vitesse elle s'échauffe trop. Dans ces machines, le champ inducteur a une intensité très grande surpassant de beaucoup l'aimantation déterminée dans l'armature, de sorte que le calage des balais est presque théorique. Il faut, dit M. Thompson, remarquer à propos de ce type, dont les inducteurs sont enroulés en compound que le gros fil monté en série est enroulé directement sur les noyaux, tandis que le fil fin dérivé est en dehors, contrairement à ce que font MM. Siemens et M. Gülcher. La pratique n'a pas encore déterminé laquelle des deux dispositions est préférable.

M. Thompson décrit ensuite l'armature Cabella (fig. 21), une armature du genre de celle d'Edison et qu'il recommande aux électriciens amateurs, comme facile à construire. Autour d'un mandrin en bois chaussé sur l'axe de la machine, on dispose radialement environ 240 lames de cuivre *o b n*, de sorte qu'il se forme ainsi au deux extrémités deux étoiles à 240 rayons chacune. On garnit de matières isolantes les intervalles et on enroule dans l'espace compris entre les deux étoiles du fil de fer doux. Des lames *m* sont ensuite reliées obliquement aux rayons *o* et *n*, et le cylindre de fil de fer se trouve ainsi entouré d'une hélice continue de lames; de trois en trois, les lames *b* portent des prolongements *a* dont l'ensemble forme le collecteur.

Ce dispositif peut être adapté aux différents types de machines Edison, et suivant le professeur Ferrini, une armature de Cabella placée entre les pôles d'une machine Edison à 60 foyers (type *z* ancien modèle), a accru sa puissance de telle sorte qu'elle a pu servir à alimenter plus de 100 lampes.

M. S. P. Thompson décrit ensuite la machine de sir William Thomson (*La Lumière Electrique*, n° du 16 février 1884), la machine Elphinstone Vincent dont nous avons donné tout récemment la description, la machine Ferranti-Thomson (*La Lumière Electrique*, vol. VII, 452, 590 et X 102, 310) et celle de Ganz et Zipernowski (v. n° du 1er mars 1884). Il mentionne ensuite quelques projets de machines; l'une est proposée par sir Charles Bright, elle est analogue comme construction à celle de Klimenko, et les inducteurs et l'armature sont fixés tandis que les noyaux des électros et les épanouissements se meuvent; une autre est projetée par M. G. Forbes, une partie des inducteurs tournent, comme dans une disposition analogue imaginée par M. Lever. Un quatrième projet de machine, alternative cette fois, a été combiné par M. Thompson lui-même. Dans cette machine comme dans celles citées plus haut, les inducteurs et les induits sont fixes. Enfin on aurait fait, paraît-il, aux Etats-Unis, une machine sans inducteurs et composée seulement de deux armatures tournantes.

Le prof. S. P. Thompson conclut en disant que pendant ces 15 derniers mois la construction des machines dynamo a fait des progrès notables tant au point de vue de la théorie qu'à celui de la pratique. Il constate cependant que la pratique est fort en avance sur la théorie et que celle-ci est encore en retard sur bien des points : les lois de la saturation du fer dans les électro-aimants sont à peine connues et l'on est obligé de se contenter de formules que l'on sait inexactes. Les lois de l'induction du magnétisme dans des circuits composés de fer, de couches d'air, de fil, de cuivre, sont très peu connues et il faudrait que quelque savant fît aujourd'hui pour les circuits magnétiques ce qu'Ohm fit il y a 50 ans pour les circuits électriques.

En somme la conférence de M. Thompson est remplie de faits dont beaucoup sont nouveaux; elle est intéressante surtout dans la partie où l'auteur a développé les travaux d'Isenbeck et exposé ses

propres recherches sur l'anneau Pacinotti, et ces résultats sont de nature à provoquer de nouvelles recherches et à amener de nouveaux progrès.

Nous ajouterons, en terminant ce résumé, que dans l'étude qu'il publie dans ce même numéro sur l'induction dans les machines, notre collaborateur Frank Geraldy est arrivé par une autre voie à confirmer les résultats d'Isenbeck et de M. Thompson.

AUG. GUEROUT.

ORAGE ET COUPS DE FOUDRE

EN FRAGMENTS GLOBULAIRES

Observés à Amiens, le 24 février 1884

Dimanche soir, 24 février, après une journée relativement chaude (10°), après diverses alternatives de coup de vent (Sud-Ouest), de pluie, de giboulées de grésil et même de grêle, un orage éclata sur Amiens. A 7 h. 45 m., un éclair, d'une très grande vivacité, illumina la ville tout entière et fut immédiatement suivi (en moins de deux secondes) d'un formidable coup de tonnerre qui ébranla les vitres

FIG. 1

de toutes les maisons et effraya bon nombre de personnes, autant par l'imprévu que par l'intensité du météore.

Bien que l'éclair et le coup de tonnerre aient été uniques dans cet orage, néanmoins la foudre est tombée simultanément en plusieurs endroits de la

FIG. 2

ville (assez éloignés les uns des autres) et à peu près sous la même forme insolite, toute particulière, c'est-à-dire en *fragments globulaires*, qui semblent être des diminutifs de la *foudre en boule*, assez peu fréquente.

1° La foudre est tombée d'abord au théâtre, pendant la représentation, en traversant une vitre de fenêtre donnant sur une petite cour à l'Est du côté du Palais de justice (fig. 1 et 2); de là elle passa dans les coulisses, où se trouvaient plusieurs acteurs, et très près de l'un d'eux qui ne ressentit néanmoins aucune commotion (cependant son pantalon a été légèrement roussi au-dessous du genou). On la vit passer durant plus d'une seconde, sous la forme d'une petite boule de feu bleuâtre, de 2 à 3 centimètres de diamètre, en produisant une très petite explosion, comme celle d'une allumette qu'on enflamme, et elle disparut par les caussetières pour se perdre dans les dessous de la scène, où l'on alla immédiatement s'assurer qu'elle n'avait causé aucun dégât. Tout le monde en fut heureusement quitte pour la peur.

Quant au trou presque circulaire ou elliptique que fit la foudre au milieu du carreau de vitre, seule trace qu'elle ait laissée de son passage, il a $0^m,030$ de longueur sur $0^m,025$ de largeur (fig. 1), tous les bords en sont écaillés et ne présentent aucun signe de fusion. Chose à noter : cette ouverture n'est qu'à 6^m au-dessus du sol et dominée par le bâtiment du théâtre ; de plus, il y a près de la fenêtre

que la foudre a traversée un long tuyau métallique descendant jusqu'à terre et qui, au moment de l'orage, communiquait avec le sol par l'eau de pluie qu'il devait déverser abondamment.

2° Au même moment, la foudre est tombée dans une maison particulière (maison de M. Gossart), située à 200m environ au sud du théâtre. Entrée par une fenêtre ouverte de la cuisine, tournée vers l'ouest, elle apparut à deux personnes sous la forme d'une *petite boule de feu*, grosse comme une noisette, qui, arrivée au-dessus de la table où un jeune homme écrivait, éclata près de sa tête, avec un bruit de pétard, et disparut. Cette apparition n'avait pas duré deux secondes lorsqu'on entendit le formidable coup de tonnerre, et l'on reconnut avec effroi qu'on venait d'avoir la visite de la foudre sous une forme singulière. Si la frayeur fut grande, il n'y eut du moins ni accident ni dégât.

3° Au même instant, à 400m environ du théâtre, la foudre est tombée sur une cheminée de l'Hôtel de Ville (non loin d'un des paratonnerres de cet édifice), au poste du Bureau Central de police, où deux agents ont vu la faible lueur électrique et entendu une petite explosion comme celle d'une capsule qui éclate. C'est encore une forme minuscule de la foudre globulaire.

Les sonneries électriques, partant de ce Bureau Central et aboutissant aux quatre extrémités opposées de la ville, furent mises en mouvement (1).

4° Dans la maison de MM. Gamand (rue Saint-Denis, 30, à 150 mètres du théâtre, derrière le Palais de Justice, muni de paratonnerres), une domestique qui se trouvait au moment de l'éclair devant la porte ouverte de la cuisine donnant sur une cour, a vu une flamme, de couleur blanc-bleuâtre, à contours peu nettement déterminés, qui, venant du sud-ouest, s'est précipitée sur un tuyau de gouttière contigu à la porte. C'est donc à ses pieds que cette femme a vu tomber la *boule de feu* dont la grosseur ne lui parut pas supérieure à celle d'un œuf. En atteignant le tuyau, la flamme a fait entendre un bruit aussi fort que celui d'un coup de fusil, ou mieux, d'un coup sec de gros pétard. Cette personne, saisie de frayeur, rentra brusquement dans sa cuisine, et eut encore le temps de s'asseoir avant d'entendre le violent coup de tonnerre. Il est à remarquer que du tuyau s'écoulait en ce moment une très grande quantité d'eau qui se rendait dans la rue par une longue conduite en fonte. La foudre n'a encore causé ici que de la frayeur, sans dégâts, sans laisser trace ni de fumée ni d'odeur.

5° Dans la maison de M. Coquel (rue des Sergents, 44, à 270 mètres du théâtre, dans la direction du Jardin des Plantes), la foudre est entrée par la cheminée de la cuisine de M. Braut, a soulevé, comme une soupape, le couvercle du fourneau allumé, d'où est sortie une *boule de feu*, parfaitement vue et décrite par Mme Braut. Cette flamme était d'abord très volumineuse; mais, arrivée à 2 mètres environ du fourneau, c'est-à-dire au milieu de la cuisine, elle diminua et parut avoir la grosseur d'une orange ou même d'un œuf, puis elle éclata avec un bruit aussi fort que celui d'un coup de fusil et disparut, sans laisser ni trace, ni fumée, ni odeur, mais en causant une terrible frayeur. Tout cela s'était passé en moins de deux secondes, entre l'apparition de l'éclair et le bruit du tonnerre.

En dessous de cette cuisine se trouvaient des tuyaux à gaz, récemment coupés, restés en place et contenant par conséquent encore un peu de gaz. Lorsqu'une autre personne est descendue en cet endroit pour s'assurer que la foudre n'y avait pas fait de dégâts, elle aperçut à l'extrémité de l'un des tuyaux une petite flamme qui n'a pu être produite que par la foudre. Il faut dire que la cuisine est en communication avec ce dessous par un tuyau métallique. Tout fait croire que la foudre, en quittant la cuisine, s'est portée par là sur les tuyaux avant de gagner le sol humide en cet endroit.

6° Un employé de M. Gamand prenait son repas avec plusieurs personnes, dans un restaurant situé à 590m du théâtre, près du chemin de fer et non loin de la gare, à l'angle de la rue Jules-Barny, au moment où l'orage éclata. Il vit, un peu avant le coup de tonnerre, une petite flamme bleue courir au-dessus de la table avec une très grande vitesse. Ses commensaux n'eurent pas le temps de la voir. Elle se dissipa sans bruit, ne laissant aucune trace de son passage. On ne sait par où elle est entrée dans la maison; probablement par la cheminée.

7° Enfin, la foudre est encore tombée à une distance de 800m du théâtre, dans la maison de M. Guilbert, située sur le boulevard du Jardin-des-Plantes, et à peu près sous la même forme globulaire qu'à la maison de M. Gossart. Elle est arrivée, on a tout lieu de le croire, par un fil de téléphone; car celui-ci a été distendu et allongé de quelques centimètres; de plus, la sonnerie à laquelle il est rattaché a été dérangée. C'est en quittant ce fil qui aboutit à la cuisine, que la foudre a produit une explosion aussi forte, au moins, que celle d'un coup de fusil; ce n'est qu'après avoir entendu ce bruit que l'on vit une flamme *bleue* (couleur de punch) grosse comme une noix, passer de la cuisine dans la pièce voisine et faire presque le tour de la table sur laquelle plusieurs personnes prenaient leur repas; elle effleura le maître de la maison (de qui nous tenons ces détails) qui en eut la main engourdie durant quel-

(1) Au bureau télégraphique, le service n'a pas été interrompu, les lignes étant souterraines dans toute la partie de la ville au-dessus de laquelle l'orage a éclaté.

ques instants; puis elle disparut, sans laisser ni trace, ni odeur. Tout ce qui précède s'était passé en moins de deux secondes et c'est alors qu'on entendit le violent coup de tonnerre qui donna l'explication du phénomène. On fut très effrayé; une domestique en éprouva un grand saisissement.

Ainsi, bien que l'éclair ait été unique dans cet orage, la foudre est tombée, sous forme *globulaire*, en sept endroits différents, dont les deux plus éloignés sont à 1360^{m} environ l'un de l'autre, en ligne droite.

Il est très probable que par suite de cette dissémination de la matière fulgurante, les paratonnerres des édifices voisins, tels que ceux du Palais de Justice, de la gendarmerie et même de la cathédrale (voir fig. 2) ont été frappés par quelques rayons de foudre; mais ils n'ont pu protéger le théâtre qui est dépourvu de toute tige protectrice.

On peut donc conclure des faits précédents, que la foudre a présenté ici un caractère particulièrement insolite, en se divisant en *fragments globulaires* qui, par leur petitesse, sont devenus inoffensifs.

Un témoin oculaire, habitué aux observations, nous a dit avoir vu, de sa fenêtre ouverte au moment de l'éclair, une grande masse lumineuse, d'un éclat extrêmement vif (dont il resta ébloui pendant quelques instants), qui lui parut se diviser en une nébulosité diffuse, se portant sur divers points de la ville, précisément dans les directions des endroits mentionnés plus haut.

Il semblerait donc que, dans cette circonstance, la masse électrique a rencontré, à une certaine hauteur dans l'atmosphère, une résistance matérielle (nuage ou milieu moins conducteur), qui a déterminé la dissémination, l'éparpillement du fluide électrique, comme un liquide, tombant sur un corps solide, se divise en gouttelettes qui sont lancées de tous côtés.

Rappelons encore, pour justifier notre assimilation, que ces fragments de foudre globulaire avaient, dans l'espèce, un caractère commun avec la *foudre en boule* proprement dite, à savoir : qu'ils n'ont pas suivi les corps bons conducteurs de l'électricité que la foudre ordinaire prend toujours sur son passage, pour toucher au but qu'elle doit atteindre, c'est-à-dire les couches profondes et humides du sol.

Toutefois nous avons affaire ici à une nouvelle classe, ou sous-classe d'éclair qui n'est d'ailleurs qu'un diminutif du phénomène encore incomplètement expliqué de la foudre en boule [1].

Enfin, voici un dernier fait qui semble corrélatif à celui du coup de foudre du 24. Nous tenons de M. l'architecte diocésain les détails qui suivent :

Le samedi, 23 février, veille de l'orage, l'eau qui arrive de l'évêché, dans l'habitation de M. l'abbé Morel, cessa de couler. Le lundi, M. l'architecte fit faire une tranchée pour découvrir la perte. Il trouva un grand nombre de tuyaux en fonte *brisés comme verre* (ce sont ses propres expressions), en plusieurs endroits, fait qui lui parut extraordinaire. De plus, l'un de ces tuyaux, situé à 0^{m}80 environ au-dessus du passage d'un conducteur de paratonnerre, correspondant à la flèche de la cathédrale, avait ses deux bouts cassés relevés vers le conducteur dont la direction est perpendiculaire à celle des tuyaux.

L'intervention de l'électricité dans cet accident nous paraît tout à fait probable, pour ne pas dire certaine. En effet, la cessation d'écoulement de l'eau a eu pour cause une rupture fortuite ordinaire, ou bien elle est due à un effet d'électricité atmosphérique, dont la tension était très grande déjà la veille de l'orage. Dans l'une ou l'autre supposition, l'épanchement de l'eau dans le sol a offert une route naturelle et facile à la foudre tombée le lendemain, 24 (ainsi que l'attestent plusieurs personnes qui ont vu des flammes sur ses paratonnerres et spécialement sur la flèche). Mais la foudre en tombant, en ces conditions, a dû produire dans les tuyaux, encore à demi-pleins d'eau, le phénomène connu en physique sous le nom de *brise-tube*. Ainsi s'expliquent les fractures nombreuses et bizarres qu'on a observées sur ces tuyaux; effet dont on ne se rend pas compte si l'on n'admet ici l'intervention de la foudre.

En résumé, à part ce dernier fait, nous n'avons eu heureusement que la menue monnaie de la foudre, en *globules inoffensifs*. Mais les globes fulminants sont d'ordinaire beaucoup plus volumineux; aussi causent-ils parfois de grands accidents et des dégâts épouvantables.

C. Decharme.

[1] Voir *Recherches sur l'électricité*, par Gaston Planté, t. I, pp. 145, 149, 152, 182 et suiv.

SUR

LA DIRECTION DES COURANTS

DANS UN CIRCUIT FERMÉ

PASSANT DEVANT UN POLE MAGNÉTIQUE

Deuxième article (*Voir le numéro du 22 mars 1884.*)

Les considérations exposées dans le précédent article, au point de vue seulement d'un circuit ayant la forme d'un rectangle, s'appliquent à des circuits de forme quelconque. Pour le cas con-

sidéré d'abord, c'est-à-dire lorsque le circuit se meut dans son propre plan, il n'y a rien de changé, la forme du circuit n'a pas d'influence; dans le deuxième cas, c'est-à-dire lorsque le circuit se transporte perpendiculairement à son propre plan, on peut toujours substituer à un circuit de forme quelconque une série de rectangles élémen-

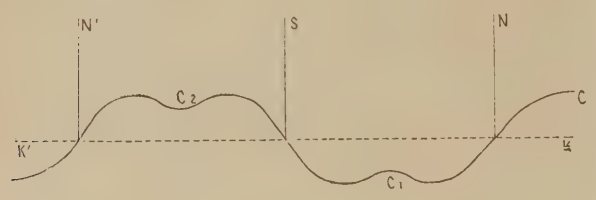


FIG. 1

taires; les points où s'opéreront les inversions seront déplacés, mais l'alternance générale des courants ne sera pas modifiée.

Il est intéressant de voir comment ces résultats s'appliquent aux machines réelles.

Il en est une dans laquelle les conditions théoriques se trouvent approximativement réalisées; c'est la machine alternative de Siemens dans laquelle les bobines induites n'ont pas de noyaux de fer.

Dans cette machine, l'inducteur est formé par une série de pôles alternativement opposés; les spires de la bobine induite se meuvent dans leur propre plan.

Si l'on représente par N S N' (fig. 1) les positions des pôles, que l'on supposera d'ailleurs assez écartés, en portant en ordonnées sur la ligne KK' les forces électromotrices résultantes en chaque position du circuit, on obtiendrait une figure telle que C C_1 C_2.

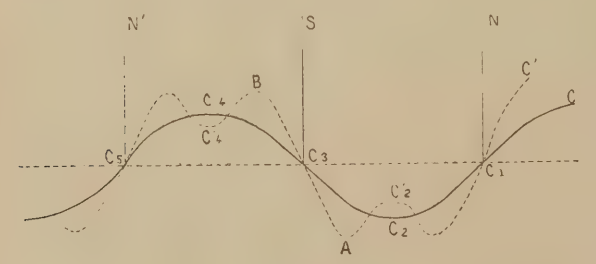


FIG. 2

En réalité les pôles sont assez rapprochés pour que les maxima se confondent et la figure réelle des courants est celle que l'on a indiquée en C C_1 C_2 C_3 C_4 C_5, figure 2, c'est-à-dire qu'elle se rapproche beaucoup d'une sinusoïde rencontrant l'axe en face des pôles inducteurs. C'est, en effet, ce que M. Joubert a trouvé dans des expériences très bien conduites qu'il a faites, il y a quelques années, dans les ateliers de la Société générale d'électricité (système Jablochkoff).

Dans les machines où les spires ont la même disposition, mais où les bobines ont un noyau de fer, on doit supposer que les forces électromotrices seraient représentées par une courbe ondulée telle que C' C_1 C'_2 C_3 C'_4 C_5. Dans une courbe de ce genre on remarquera que le passage entre deux

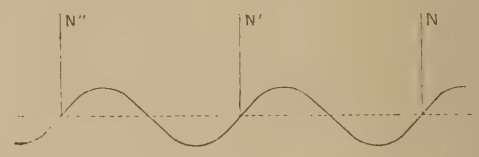


FIG. 3

polarités inverses s'opère très brusquement dans la bobine, par exemple entre les points A et B. Cette inversion très brusque dans le magnétisme de fer n'est sans doute pas sans inconvénients; c'est à elle qu'il faut probablement attribuer la perte sensible de travail que l'on constate dans les machines de ce genre, telles que Wilde, Lontin, et l'échauffement qui se manifeste dans les noyaux de leurs bobines.

Il est intéressant de remarquer que les machines de ce genre ne cesseraient pas d'être alternatives même si tous les pôles inducteurs étaient de même nom. La courbe des forces électromotrices prendrait alors une forme dans le genre de celle qui est représentée (fig. 3); la durée de la phase serait moitié moindre, mais l'inversion subsisterait.

Si nous considérons actuellement la deuxième disposition des circuits, celle où les spires se meuvent dans une direction perpendiculaire à leur propre plan, nous sommes alors dans le cas des machines alternatives type Gramme, supposées sans fer.

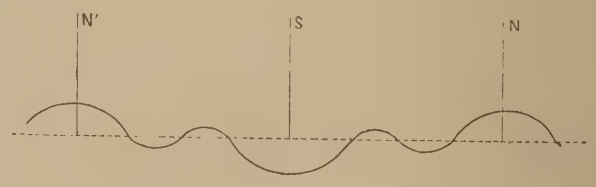


FIG. 4

Imaginons d'abord que les pôles inducteurs qui sont alternativement de nom contraire soient assez éloignés entre eux; on aurait une courbe du genre de celle qui est indiquée (fig. 4). En réalité, ils sont assez rapprochés pour que les maxima et minima qui se produisent au droit des pôles soient seuls manifestés. La courbe aura donc la forme représentée (fig. 5) en C C_1 C_2 C_3 C_4 c'est-à-dire à peu près celle d'une sinusoïde, ainsi que dans le cas

précédent, seulement la rencontre avec l'axe au lieu d'avoir lieu devant les pôles, a lieu au milieu de la distance qui les sépare.

Avec des bobines contenant du fer, l'influence exercée conduirait à une courbe ayant une forme se rapprochant de $C' C_1 C'_2 C_3 C'_4$. On remarquera que le changement de polarité dans le fer a tou-

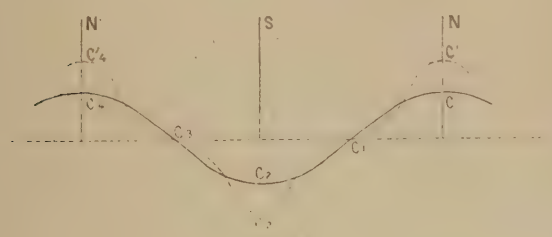


FIG. 5

jours pour se produire la longueur entière de la phase, en sorte que l'inconvénient signalé tout à l'heure n'existe pas avec cette disposition.

Aucune expérience directe ne nous permet de contrôler ces hypothèses; toutefois on fera remarquer qu'elles sont bien d'accord avec les faits.

Dans le cas actuellement considéré, si tous les

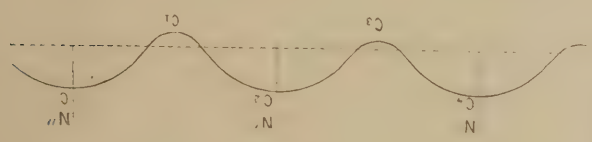


FIG. 6

pôles étaient de même nom, les effets produits par la machine seraient fort différents. En supposant une série de pôles assez éloignés NN'N'' (fig. 6), la courbe prendrait la figure $CC_1C_2C_3C_4$, l'alternance dans le sens du courant subsiste; mais l'un des sens l'emporte de beaucoup sur l'autre; si les pôles sont suffisamment rapprochés, il n'y

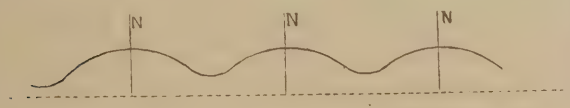


FIG. 7

a plus d'alternative; la machine est continue, mais ondulatoire (fig. 7).

Les considérations simples qui viennent d'être exposées s'appliquent également aux machines continues.

Considérons par exemple une ligne polaire magnétique P telle que nous l'avons définie, et un rectangle ABCD tournant autour d'un axe O parallèle à son côté et à la ligne polaire (fig. 8).

Remarquons avant tout que le sens des forces électromotrices développées dépend du sens suivant lequel les éléments conducteurs coupent les lignes de force. Nous avons supposé que lorsqu'ils les coupent de droite à gauche, en supposant que les lignes de force partent du pôle P, les forces électromotrices sont dirigées de bas en haut, réciproquement lorsque les lignes de force seront coupées de gauche à droite les forces électromotrices

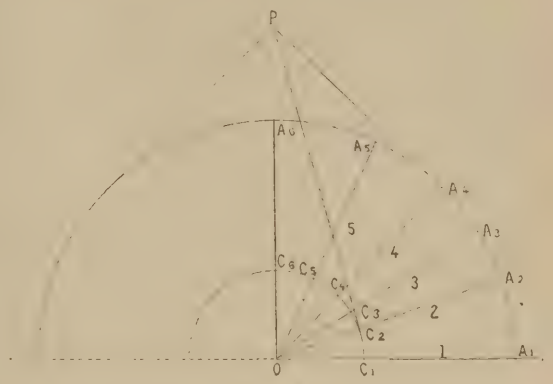


FIG. 8

seront dirigées de haut en bas. Comme ci-dessus, nous n'avons pas à tenir compte des côtés B et D du rectangle qui se compensent toujours. Rappelons aussi que nous avons nommé positif un courant dirigé dans le rectangle conducteur dans

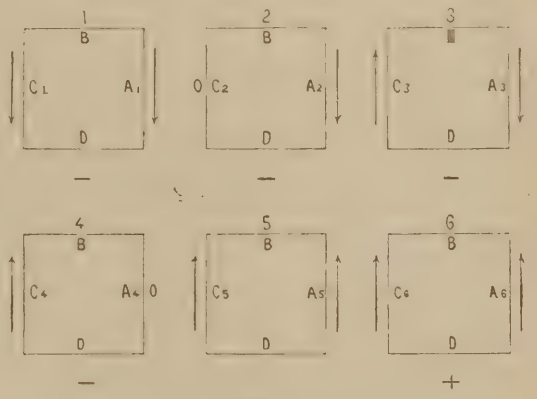


FIG. 9

le sens ABC, et négatif le courant dirigé en sens contraire.

Considérons diverses positions successives du rectangle. En A_1C_1 les côtés A et C coupent les lignes de force de gauche à droite, les deux forces électromotrices sont donc descendantes (fig. 9) en A_2C_2, la ligne PC_2 étant prise tangente de la circonférence OC, la force électromotrice en C sera nulle, en A elle sera descendante; en A_3C_3 la force électromotrice est ascendante en C descendante en A, en A_4C_4 point où la ligne PA_4 est tangente à la

circonférence O A, la force électromotrice est ascendante en C et nulle en A; en $A_5 C_5$, $A_6 C_6$, les deux forces électromotrices sont ascendantes. La figure 9 qui rapproche ces six positions nous montre que le courant sera certainement négatif pour les positions 2, 3, 4, il y a doute pour la position 1; pour la position 6, un examen très rapide montre que la force électromotrice en A est plus grande que celle qui naît dans C, le courant est donc positif. Nous sommes donc assurés qu'il y aura une inversion aux environs de la position 5. Quant à la position 1 un calcul simple fera voir que le courant sera négatif mais très faible. Si donc on voulait représenter par une courbe hypothétique, le sens résultant des forces électromotrices, en représentant par P (fig. 10) la position du pôle, M et N l'emplacement des points situés à 90° de part et d'autre, on aurait une courbe du genre de $C C_1 C_2 C_3 C_4$.

Ces résultats sont absolument conformes à ceux que M. Isenbeck a trouvés par l'expérience et par l'application du calcul.

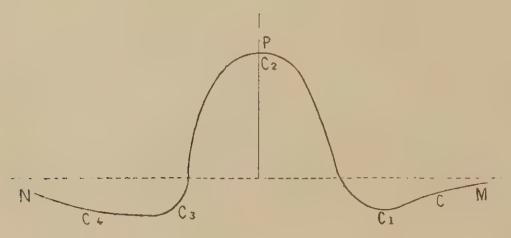


FIG. 10

Si le pôle P s'éloignait du cercle (fig. 8) les positions 1, 2, 3, 4, 5, se rapprocheraient de plus en plus du diamètre O A; à la limite, et le pôle étant très loin, les effets qui se produisent dans la région où le courant est positif subsisteraient seuls.

On voit par là que les machines du type Gramme ne sauraient fonctionner régulièrement avec des champs magnétiques étroits et que, ainsi que l'a fait remarquer M. Isenbeck, les épanouissements répartissant autrement le champ magnétique et rendant les lignes de force à peu près parallèles jouent un rôle considérable dans leur fonctionnement.

Les considérations qui viennent d'être exposées, rigoureuses lorsque les actions magnétiques peuêtre réduites à des conditions mathématiques, manquent de base lorsqu'on est obligé de tenir compte des arrangements matériels.

Dans ce cas, ainsi qu'on le verra par l'intéressant mémoire de M. Sylvanus Thompson résumé dans ce même numéro, les résultats varient avec les dispositions de construction ainsi qu'on devait le prévoir. Sans s'avancer à ce point, il a paru intéressant de montrer que les notions simples suffisent à l'explication des phénomènes essentiels.

FRANK GERALDY.

REVUE
DE
L'EXPOSITION DE VIENNE

APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ AUX CHEMINS DE FER

La place occupée par les appareils électriques appliqués à l'Exploitation des chemins de fer n'était point aussi importante à Vienne qu'à l'Exposition de Paris en 1881. Les différentes Compagnies austro-hongroises, qui ont pris part à cette Exposition, couvraient cependant dans la Rotonde, avec leurs installations, un espace relativement assez considérable. Mais, ainsi que nous le faisait remarquer un éminent ingénieur, la plus grande partie des appareils exposés ne sont que le résultat d'études ou d'inventions très ingénieuses restées généralement à l'état d'expérience.

Nous nous proposons de passer rapidement en revue, dans la note qui va suivre, les différentes Expositions des chemins de fer; nous signalerons les applications nouvelles, mais en laissant de côté les appareils qui, soit à l'occasion des Expositions de Paris et de Munich, soit dans les articles parus dans le courant de l'année dernière dans ce journal, ont déjà fait l'objet de descriptions intéressantes.

Direction de l'Exploitation des chemins de fer de l'Etat (*Staatseisenbahnbetrieb.* — La direction des chemins de fer de l'Etat exposait diverses installations de postes télégraphiques, disposées avec beaucoup de soin, et comprenant dans un petit espace un grand nombre d'appareils et de combinaisons multiples. Elle montrait, en outre, une série d'appareils à cloches pour les voies uniques, dont le plus ancien mécanisme remonte à l'année 1859. Il est intéressant de suivre les transformations par lesquelles ont successivement passé ces appareils qui sont devenus d'une si grande utilité dans l'exploitation des chemins de fer.

Nous remarquons encore deux modèles de disques électriques à mouvement d'horlogerie, système Schoenbach. Cet appareil fonctionnait, dans le principe, à l'aide de courants continus, et le même fil servait pour l'actionner et en contrôler la position. Le disque électrique, système Teirich et Leopolder, également exposé par ce chemin, fonctionne à l'aide d'un inducteur magnétique. On sait que les disques électriques sont obligatoirement en usage sur les chemins de fer de l'Autriche-Hongrie. M. Cossmann a dernièrement donné dans ce journal (1) une description fort complète des di-

(1) Nos 2, 3 et suivants de 1884.

vers systèmes électriques; nous n'y reviendrons donc pas.

Mentionnons encore un système d'intercommunication électrique applicable aux trains de voyageurs, et dû à M. Gattinger. Ce dispositif était représenté partie à l'aide d'un dessin, partie à l'aide d'organes de grandeur naturelle, fixés sur le dessin lui-même; il était difficile de se rendre compte de son fonctionnement sans une explication que nous n'avons pu obtenir.

Société du chemin de fer du Nord-Ouest-Autrichien (*Nordwestbahn*). — L'Exposition de cette Société était disposée dans un élégant pavillon, éclairé le soir avec des lampes à incandescence. Nous y trouvons un poste télégraphique établi sur

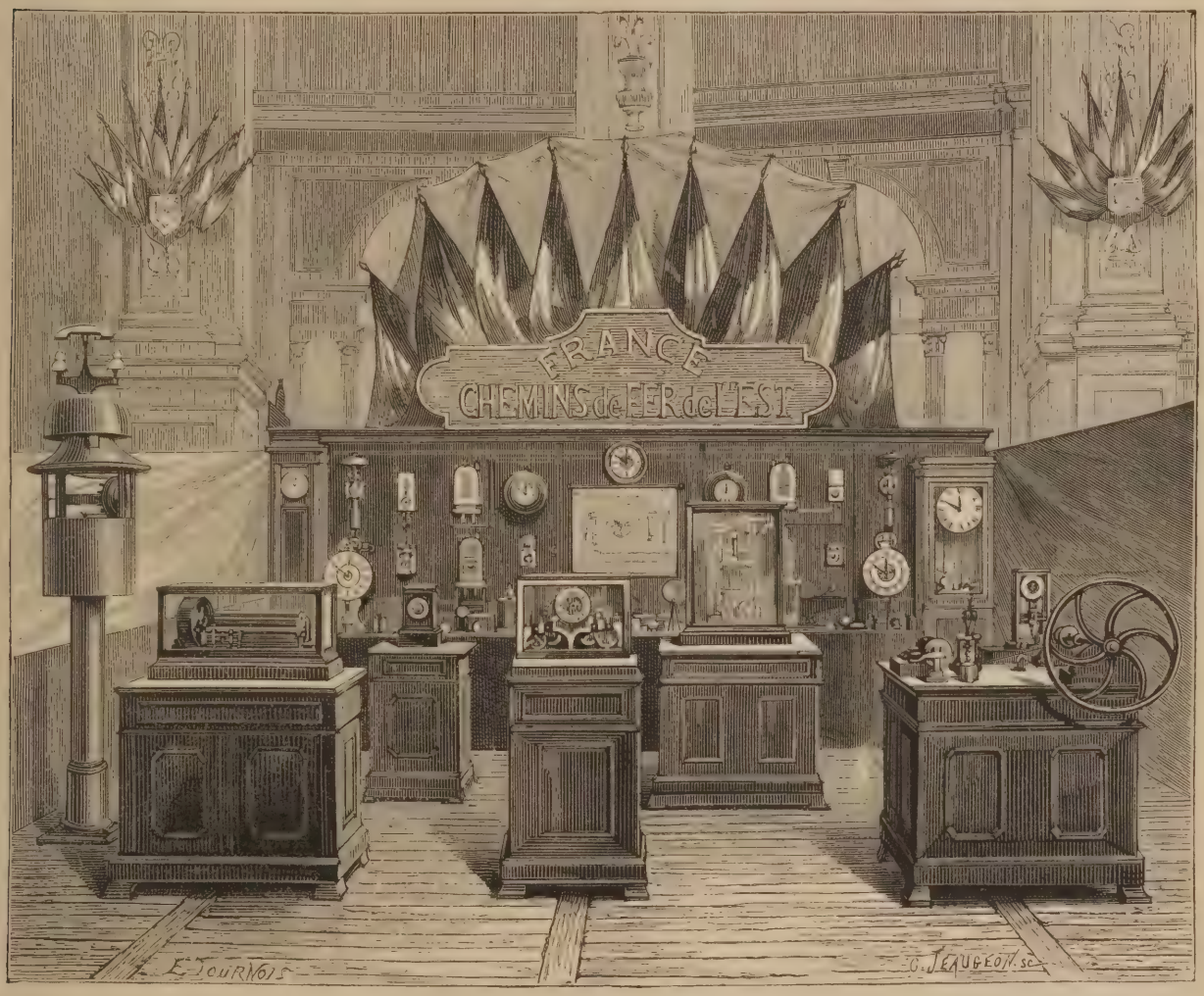


FIG. 1. — EXPOSITION DES CHEMINS DE FER DE L'EST FRANÇAIS

un modèle presque uniforme en Autriche, et qui se rapproche beaucoup de ce qu'on voit dans les bureaux télégraphiques de l'Allemagne. Nous remarquons encore des postes téléphoniques montés avec appareils Ader ou Berliner, un disque électrique à mouvement d'horlogerie, système Hohenegger et Bechtold, fonctionnant à l'aide de courants d'induction, et un poste télégraphique portatif également dû à M. l'ingénieur en chef Bechtold. Ce dernier appareil est pourvu de tous les accessoires nécessaires pour correspondre avec le Morse sur un point quelconque d'une ligne télégraphique. A cet effet, on fait usage d'un support formé de deux mâchoires en fer, réunies par une solide tige également en fer, mais isolée de celles-ci. Quand on veut correspondre, on assujettit le support au fil conducteur au moyen des vis dont sont pourvues les mâchoires; on coupe le fil entre les deux mâchoires et la communication s'établit, soit à droite, soit à gauche, à l'aide d'un fil volant qui se fixe à une borne disposée sur chaque mâchoire. Le seul inconvénient de cette disposition,

c'est qu'elle exige, à la fin de la transmission, de relier le fil de ligne, et cette opération n'est pas sans présenter quelques difficultés : elle doit, en outre, demander un certain temps, soit que l'on fasse la soudure à titre définitif, soit à titre provisoire.

Mentionnons enfin dans l'Exposition de cette Société un système d'intercommunication électrique appliqué aux trains de voyageurs, et dont l'invention appartient à M. Bechtold. Dans les fourgons des conducteurs des trains, se trouve une boîte contenant une pile et une sonnerie; le long du train, deux conducteurs isolés aboutissent entre chaque voiture à un câble unique fixé à 0^m50 environ au-dessus des tampons de choc, et terminé par une mâchoire dont les deux parties tendent toujours à se mettre en contact. En cas de rupture d'attelage, les mâchoires, en se séparant, établissent un circuit qui fait tinter les sonneries du fourgon de tête ou de queue. Lorsque les voitures sont en garage, une cheville, fixée au câble par une chaînette, se place entre les deux mâchoires pour éviter le contact permanent. Dans les voitures, on met à la disposition des voyageurs un véritable poussoir, dissimulé derrière une mince feuille de papier. Pour appeler, on doit déchirer le papier et appuyer sur le bouton d'appel qui reste en contact et fait sonner les sonneries jusqu'à ce que le conducteur du train soit venu remettre les choses en leur état normal.

Enfin, dans chaque boîte à pile, se trouve une certaine longueur de câble qui permet de compléter l'intercommunication, s'il était nécessaire en cours de route d'intercaler une voiture non munie du système.

Société du chemin de fer de l'empereur François-Joseph (Kaiser Franz-Joseph-Bahn). — Nous avons à signaler dans cette Exposition un appareil de Bloch-System automatique inventé par M. Kramer. Cet appareil est disposé ainsi qu'il suit : contre le rail principal et parallèle à ce dernier, est disposé un second rail d'environ 3 mètres de longueur, qui, sollicité par un contrepoids, tend toujours à se tenir au même niveau que le rail principal. Le passage d'un train produit un déplacement vertical du rail secondaire et agit sur une tringle horizontale qui, à son tour, fait basculer une boîte contenant du mercure; un fil de platine baignant dans le mercure complète le circuit d'une pile et envoie le courant dans l'appareil récepteur. Celui-ci se compose d'un électro-aimant dont l'armature est une tige en fer doux supportant un voyant d'environ 0^m25 de diamètre, peint en rouge. Cette tige peut osciller entre les deux pôles de l'électro-aimant. Selon le sens du courant, le voyant, sollicité par un des pôles de l'aimant et repoussé par l'autre, devient apparent.

Le train, en passant sur une seconde pédale analogue à celle dont nous venons de parler, placée à une distance déterminée de la première, envoie dans le récepteur un courant de sens opposé qui fait disparaître le voyant. Cet appareil a, paraît-il, donné de bons résultats pendant la longue période d'expériences à laquelle on l'a soumis. Signalons enfin, dans l'Exposition de cette Société, un disque mécanique à deux fils; outre le contrôle électrique dont est pourvu ce signal, le levier de manœuvre est solidaire d'un petit disque répétiteur qui prend à chaque manœuvre la position du disque à distance.

Compagnie des chemins de fer du Sud (Die K. K. priv. Sudbahn-Gesellschaft). — L'Exposition de cette Compagnie était une des plus intéressantes des chemins de fer de l'Autriche-Hongrie. C'est à M. Kohn, l'intelligent ingénieur électricien de la Sudbahn, que sont dus la grande majorité des appareils exposés.

Signalons en premier lieu un nouveau système d'intercommunication appliqué aux trains de voyageurs. La réunion des conducteurs électriques entre les voitures se fait à l'aide d'un accouplement mâle (fig. 3 et 4) formé de deux fortes lames de cuivre nikelé maintenues en contact par un ressort énergique *d*.

La soudure entre le fil et la lame *b* se fait au point *c*, figure 4, et sont solidement arrêtés l'un avec l'autre à l'aide de plâtre humide qui remplit le vide laissé au point de jonction.

Il est à remarquer que ce système d'accouplement des cordes d'intercommunication ne peut donner, en cas de rupture d'attelage, aucun signal automatique. Le directeur général de la Sudbahn, M. Schuller, considère d'ailleurs ce dispositif comme inutile, malgré les rampes énormes que l'on rencontre sur les lignes de cette Compagnie.

En raison du soin apporté à la construction des wagons et aux attelages, et grâce aussi aux précautions prises par les mécaniciens en montant les rampes, on n'a constaté sur ce réseau, depuis de longues années, aucune rupture d'attelage.

La pile se compose de six éléments Leclanché, hermétiquement bouchés; trois de ces éléments sont utilisés pour l'intercommunication, les trois autres servent de réserve. La sonnerie est analogue à celle employée sur le chemin de fer du Nord français.

Le bouton d'appel placé dans les voitures à voyageurs est représenté par les figures 5, 6 et 7 et consiste en une petite boîte en bois contenant deux ressorts de contact *n* et *o*, isolés l'un de l'autre. Le couvercle de la boîte *t* est muni de minces bandes de caoutchouc et d'un bec *g;* le contact d'appel *f* est dissimulé derrière une feuille

de papier portant une inscription en trois langues et maintenue par le couvercle.

Lorsqu'on veut appeler, on doit crever la feuille de papier et en appuyant sur la plaque *f;* il s'établit alors, entre les ressorts métalliques *n* et *o*, un contact permanent qui fait sonner la sonnerie.

La porte de la boîte ne peut être ouverte qu'en écartant le ressort *e*, qui est engagé dans le bec *g*, c'est-à-dire lorsque la feuille de papier est enlevée. L'ouverture de la porte ramène automatiquement à leur position normale les deux ressorts *o* et *n*, qui cessent alors d'être en contact.

L'ensemble de ce système d'intercommunication très ingénieusement combiné est de l'invention de M. l'ingénieur Kohn.

Nous remarquons en outre dans l'Exposition des chemins de fer de la Sudbahn, deux wagons, dans lesquels est installé l'éclairage électrique par incandescence avec accumulateurs. Le compartiment d'un de ces wagons renferme une machine

FIG. 2. — EXPOSITION DES CHEMINS DE FER DE L'EST FRANÇAIS

dynamo-électrique de Gramme, dont l'arbre est relié à l'essieu par une double transmission. Cette machine est munie d'un commutateur avec régulateur à force centrifuge, monté sur l'axe de la machine. Selon la vitesse du train, ce régulateur permet de mettre dans le circuit de la machine un nombre variable d'accumulateurs.

Signalons encore comme appareils intéressants dans cette exposition : un poste téléphonique système Ader, disposé par M. Kohn, pour lire et écrire en même temps qu'on écoute; l'un des récepteurs est fixé sur la table au bout d'une tige verticale dont on peut faire varier la position pour amener l'appareil à l'oreille; un wagon destiné au chemin de fer électrique de Mœdling-Brühl; le courant de la machine primaire est amené aux machines secondaires par deux câbles souples, partant des voitures et aboutissant à deux galets glissant à frottement doux dans deux tubes fendus portés sur des poteaux télégraphiques. Ces deux tubes sont conduits jusqu'à la machine primaire.

La Compagnie de la Sudbahn avait encore disposé d'autres appareils très intéressants, mais comme ils s'écartent un peu des applications spé-

ciales aux chemins de fer, je n'ai point à les signaler dans ce travail.

Compagnie des chemins de fer de l'Etat austro-hongrois (*Oester-Ungar. Staats-Eisenbahn-Gesellschaft*). — Je n'ai à signaler comme appareils nouveaux pour cette Compagnie, qui a déjà pris une large part aux Expositions de Paris et de Munich,

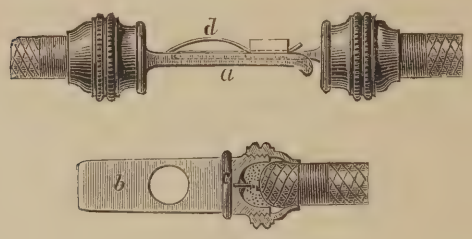


FIG. 3 ET 4

et dont les appareils sont bien connus, qu'un verrou électrique d'aiguille, actionné d'un poste d'enclenchements, construit MM. Rothmuller et Ce; un appareil composé d'une manivelle et de boutons correspondants à des disques et à des sémaphores électriques. En regard de chaque bouton, se trouve une inscription indiquant le signal à manœuvrer et en amenant la manivelle sur l'un de ces boutons, on actionne un signal qui garde la position d'arrêt pendant tout le temps que le bouton reste au contact de la manivelle; à chaque manœuvre une sonnerie trembleuse placée sur le ma-

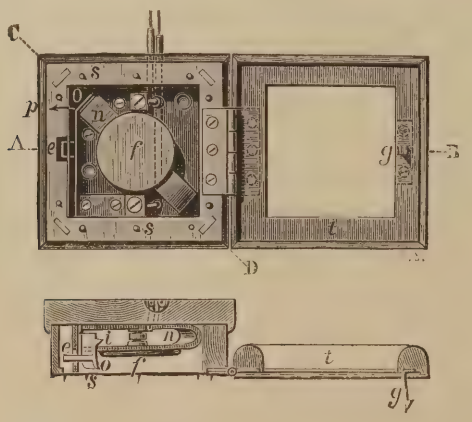


FIG. 5 ET 6

nipulateur, tinte pour indiquer si le signal a bien obéi.

Cet appareil n'étant encore qu'à l'essai, il n'est guère possible d'apprécier les services qu'il est susceptible de rendre.

Signalons encore un appareil qui peut servir à la fois de block-system automatique et d'indicateur de vitesse entre deux points donnés; il a surtout été construit pour ce dernier cas. Il consiste en contacts fixes placés latéralement à la voie, à l'aide desquels s'établit un circuit électrique par l'intermédiaire de brosses métalliques placées sur le côté de la locomotive. Le récepteur est une véritable horloge dont le balancier se met en mouvement au moment du passage de la brosse sur le contact fixe et s'arrête lorsque le train a passé sur le contact fixe suivant. L'enregistrement se fait sur une bande qui se déroule pendant la marche du mécanisme. Cet appareil n'est encore également qu'à l'essai.

Les barrières électriques, l'inducteur de station et l'intercommunication électrique pour les trains de voyageurs, sont des appareils connus et déjà décrits dans cette revue.

Chemin de fer de Buschtëhrade à Prague. (*A. Priv. Buschtëhrade eisenbahn-Prag.*) — L'Exposition de ce chemin de fer comprenait : un disque électrique système Langie, actionné par un inducteur magnétique et pourvu d'un contrôle électro-acoustique et optique; une sonnerie système Holub, pour gardes-lignes, pourvue d'un manipula-

FIG. 7

teur Morse, avec résistance, pour l'échange de dépêches sur le fil des sonneries et d'un dispositif permettant l'envoi, soit par le garde-ligne, soit par les agents d'un train, de signaux d'alarme. Les séries des signaux à transmettre sont gravées sur une plaque fixée à l'extérieur de l'enveloppe de l'appareil et en regard de chaque signal, se trouve une ouverture vitrée devant laquelle vient apparaître un petit disque rouge qui indique le signal transmis. Ce petit disque ne peut-être effacé que par un agent spécial.

Enfin, signalons un appareil automatique, habituellement placé contre les maisons des gardes-barrières ou de la voie, et utilisé pour transmettre par les cloches, le signal « wagons échappés ». Les fortes rampes que l'on rencontre sur les lignes du chemin de fer de Buschtëhrade, ont amené cette Compagnie à employer cet appareil très simple et fort ingénieux dû à M. l'ingénieur en chef Kohlfurst.

Il consiste en une petite boîte en tôle contenant un cylindre, sur lequel est enroulée une corde dont l'extrémité sort en dehors de l'appareil. En tirant sur cette corde, on fait tourner le cylindre qui est muni d'un plateau portant des goupilles convenablement espacées. En revenant à sa position initiale, entraîné par un ressort d'horlogerie, le cylindre fait tourner le plateau et les gou-

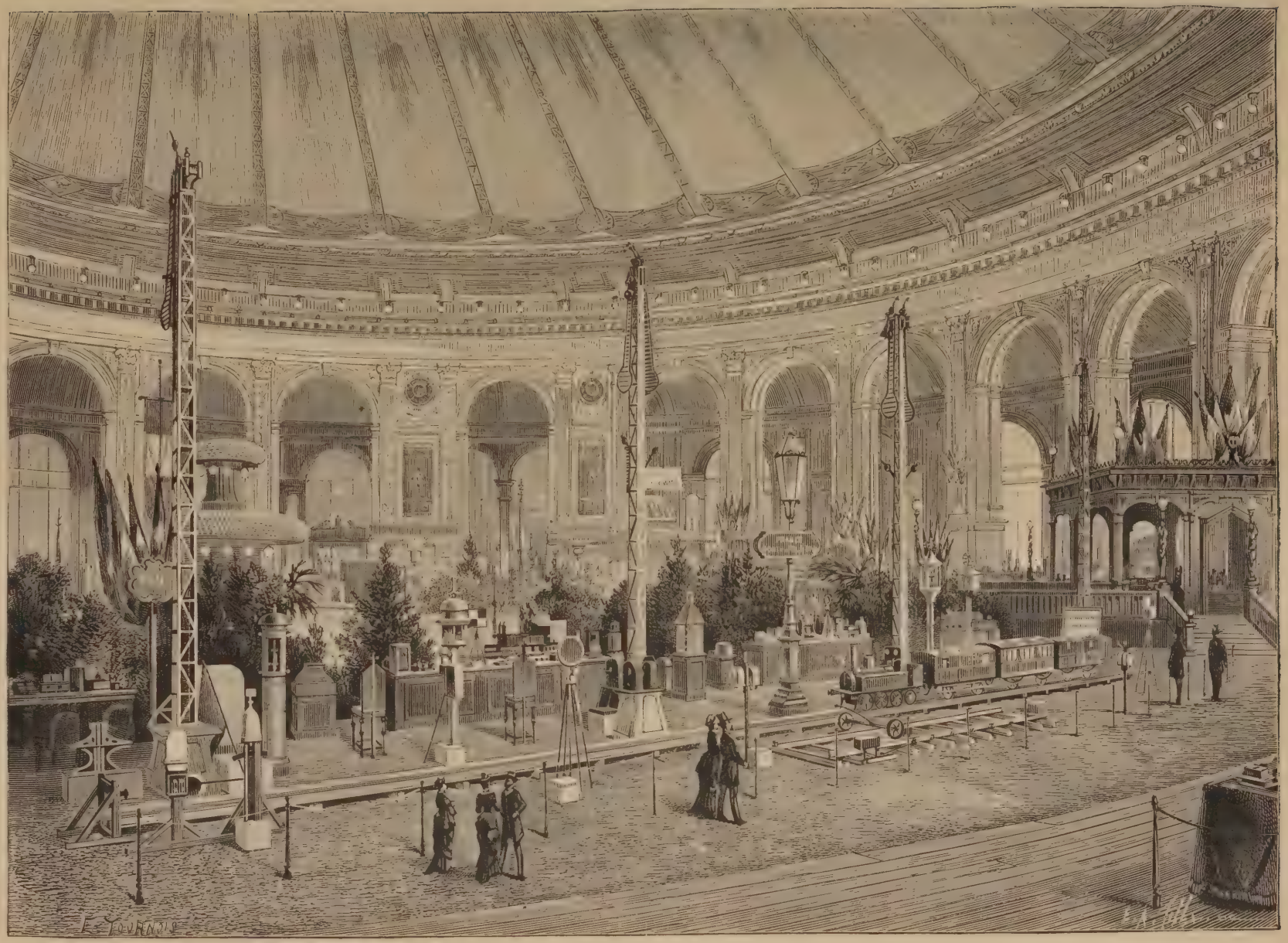


FIG. 8. — EXPOSITION DES CHEMINS DE FER DU NORD FRANÇAIS

pilles qui produisent des interruptions de courants dans la ligne des sonneries; chaque interruption correspond à un coup de cloche. En temps ordinaire, la corde est arrêtée par un cachet de cire que le garde doit arracher pour mettre l'appareil en fonction.

Direction des chemins de fer de l'Etat hongrois à Budapest. (Kœnig. Ungar, Staatsbahn). — Nous avons également dans cette exposition peu d'appareils à indiquer : un disque électromagnétique système Sandorf, pourvu d'un contrôle électro-acoustique et optique et des installations de bureaux télégraphiques combinées avec les grosses sonneries. Cette Compagnie est la seule qui ait exposé un système de correspondance téléphonique, destiné à mettre en relation les gares et les gardes de la voie, indépendamment bien entendu des grosses sonneries.

Exposition de MM. Siemens et Halske de Berlin. — MM. Siemens et Halske représentaient à l'Exposition de Vienne, les chemins de fer allemands. Leur exposition était d'ailleurs la reproduction de celle que nous avons vue à Paris en 1881 ; nous y avons remarqué comme appareils nouveaux, un système d'enclenchement éleetrique d'aiguille combiné avec un sémaphore purement mécanique : l'appareil proprement dit nous a paru un peu compliqué. L'enclenchement est réalisé au moyen d'un verrou qui, par l'envoi d'un courant produit par un inducteur magnétique, peut s'engager dans une barre horizontale solidaire du levier de manœuvre ; l'aiguille ne peut être mise dans une certaine position que lorsque le sémaphore a été mis à l'arrêt.

MM. Siemens et Halske ont en outre apporté une modification au dispositif bien connu, dont sont pourvues leurs grosses sonneries, dispositif qui permet d'envoyer d'un point quelconque de la voie, des signaux d'alarme ou de secours. Les disques à dents, formant un signal et qu'on plaçait autrefois sur le mécanisme même des sonneries, sont reportées au-dessous du mécanisme sur un appareil additionnel analogue à l'appareil automatique de M. Kohlfurst, et dont nous avons parlé dans la note relative à l'Exposition des chemins de fer de Buschtëhrade.

Au lieu d'employer la roue fixe à goupilles de M. Kohlfurst, ne pouvant transmettre que le signal « wagons échappés », MM. Siemens et Halske ont disposé leur appareil additionnel pour envoyer les signaux habituels à l'aide des disques dentés qui peuvent se placer l'un et l'autre sur l'axe du cylindre à ressort d'horlogerie. Cette modification était devenue nécessaire, parce que les agents appelés à transmettre des signaux d'alarme, omettaient quelquefois de détacher les disques à signaux du mécanisme, ce qui occasionnait des erreurs assez graves.

Exposition du chemin de fer de l'Est français. — La Compagnie des chemins de fer de l'Est, avait exposé dans un espace relativement restreint, un assez grand nombre d'appareils : les trois services de l'Exploitation, de la Construction et du Matériel et de la Traction ont d'ailleurs contribué chacun pour une bonne part à cette exposition, dont l'installation a été faite sous la direction de M. Dumont, inspecteur, chargé du service télégraphique de l'exploitation. Le service de l'exploitation avait apporté une série d'appareils, destinés aux bureaux télégraphiques, tels que tables, boussoles, paratonnerres, rappels par inversion de courant, système Dumont, Grassi, Cabaret et Beu, sonneries de poste, contrôleurs d'attaques de poste et enregistreur électrique universel, système Dumont, Cabaret, Mors et Garnier, sonneries de contrôle des disques à distance et répétiteurs, appareils téléphoniques et horlogeries diverses, etc.

Le service de la construction exposait le type de grosses sonneries avec inducteur magnétique, appliqué sur le réseau de l'Est depuis 1881. Le type de grosses sonneries est celui de Siemens, à colonne ou à pigeonnier, appliqué sur le réseau du Nord français ; mais la Compagnie de l'Est l'a légèrement modifié, de manière à réaliser un système mixte, qui a permis, d'une part, d'adopter le vocabulaire des signaux de la Compagnie P.-L.-M., qui est, comme on le sait, formé de coups simples différemment combinés, et d'employer des inducteurs au lieu de piles à courant continu, dont l'entretien est assez coûteux.

L'inducteur magnétique est du type ordinaire ; mais il a reçu une additon qui a pour but d'arrêter la manivelle commandant la bobine, lorsqu'elle a accompli une ou deux révolutions nécessaires pour produire un seul déclenchement du mécanisme et par conséquent un seul coup de timbre.

La Compagnie a installé en outre des inducteurs en pleine voie, afin de permettre l'envoi de signaux d'alarme ou de secours. Les électro-sémaphores Tesse et Lartigue, en service sur le réseau de l'Est, n'ont point paru dans l'exposition de cette Compagnie parce qu'ils figuraient dans l'exposition du chemin de fer du Nord français.

Les études et les installations de signaux dont nous venons de parler, ont été faites par M. Dufaux, ingénieur, sous la direction de M. Ledru, directeur de la construction.

Le service du matériel et de la traction a exposé les divers appareils qui figuraient déjà à Paris en 1881 et qui sont dus à M. Napoli. Nous n'avons point à en parler, parce qu'ils sont connus et que d'ailleurs ils ne rentrent pas dans la catégorie des applications de l'électricité aux chemins de fer ;

sauf, cependant, l'intercommunication électriqeu pour les trains de voyageurs, que nous aurons l'occasion de décrire ultérieurement.

Chemin de fer du Nord français. — Les nombreux appareils électriques exposés par le chemin de fer du Nord français, à Vienne, ont en grande partie figuré aux expositions de Paris et de Munich, et ont donné lieu à des description très complètes dans ce journal.

Nous avons à signaler comme applications nouvelles depuis 1881, les appareils suivants :

Sonneries d'annonce à bras sémaphorique et avertisseur à trompe pour double voie ; appareil d'enclenchement électrique appliqué aux électro-sémaphores Tesse et Lartigue ; avertisseur électro-automatique du passage d'un train au disque à distance d'une gare ; contrôleur électrique du fonctionnement des disques d'arrêt ; treuil électrique pour la manutention des sacs de sucre ou de blé.

La description des divers appareils ci-dessus, appliqués depuis environ deux ans sur le réseau du Nord, nous entraînerait trop loin, et nous renvoyons les lecteurs à la brochure très complète publiée par la Compagnie, à l'occasion de l'exposition de Vienne.

Exposition de M. Postel-Vinay. — M. Postel-Vinay, qui construit divers appareils pour les chemins de fer et en particulier pour la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, exposait le nouvel appareil de Block-System de MM. Jousselin, Chaperon et Rodary : les inventeurs sont parvenus d'une manière très ingénieuse à établir une solidarité entre les signaux électriques et les signaux à vue, mais ils ont été amenés à une transformation radicale de l'ancien appareil Tyer ; Un nouveau contrôleur d'aiguille de changement de voie dû à M. Chaperon, et une grosse sonnerie d'annonce à courant continu pour ligne à simple voie, employée par le chemin de fer d'Orléans. Les deux premiers appareils sont encore, si je ne me trompe, dans la période des essais.

Il me reste, en terminant cette revue, à dire quelques mots du chemin de fer électrique qui amenait les visiteurs de l'entrée du Prater au portail nord de la Rotonde, où se tenait l'exposition.

La voie était de un mètre de largeur, les rails fixés sur des traverses en bois simplement déposées sur le sol ; la longueur du chemin était de 1 530 mètres, comportant 230 joints éclissés et garnis à chaque joint d'une épaisse bande de cuivre soudée aux rails. Les machines primaires étaient exposées dans la galerie ouest de la Rotonde et le courant se transmettait aux machines réceptrices des voitures par les deux rails. La voie traversait une grande allée où la circulation des voitures est très importante ; afin d'éviter toute chance d'accident pour les chevaux et les passants, la communication électrique ne s'établissait qu'au passage des trains.

Chaque voiture contenait environ 30 personnes, et à certaines heures de la journée il y avait jusqu'à cinq voitures attelées ensemble et faisant service entre le Prater et la Rotonde ; la vitesse moyenne de la marche était de 30 kilomètres à l'heure. D'après des mesures prises pendant plusieurs jours, le rendement électrique aurait été de 50 o/o. Ce chiffre est peut-être exagéré, surtout si l'on se rappelle dans quelles conditions défectueu ses était installée la voie elle-même.

Nous voici arrivés au terme de notre étude ; le rapide aperçu que nous venons de donner des applications de l'électricité aux chemins de fer que montrait l'exposition de Vienne, prouve une fois de plus que toutes les Compagnies françaises ou étrangères se préoccupent singulièrement d'apporter dans leur exploitation des ameliorations de nature à augmenter la sécurité ; elles ont trouvé dans l'électricité, qui est un progrès récent, un puissant auxiliaire qu'elles n'hésitent pas à utiliser sous des formes multiples et variées.

EUGÈNE SARTIAUX.

LES

MACHINES A VAPEUR RAPIDES

Quatrième article. (*Voir les nos des* 1er, 8 *et* 15 *mars* 1884.)

LES MACHINES A DOUBLE EFFET

Machines horizontales.

Machine Armington

La machine d'Armington, adoptée presque exclusivement par la Compagnie Edison, ne diffère de la machine Allen, dont elle est directement inspirée, que par des détails de construction.

Le tiroir est à pistons sans segments (fig. 36 37 et 38) parfaitement équilibré, facilement accessible.

Le régulateur agit directement sur le jeu des deux excentriques C et B représenté par les figures 39 et 42. Lorsque le poids E pivote autour de A sous l'action de la force centrifuge, malgré la résistance de ressorts compensateurs non indiquées sur les figures, il déplace par C′ et B′ les excentriques C et B, en sens contraires autour de l'arbre A′, pour en changer à la fois la course et

le calage. Le deuxième contrepoids E′ ne sert qu'à équilibrer le premier, il agit sur l'excentrique intérieur C. Le manchon M est seul rigoureusement solidaire de la rotation de l'arbre A′.

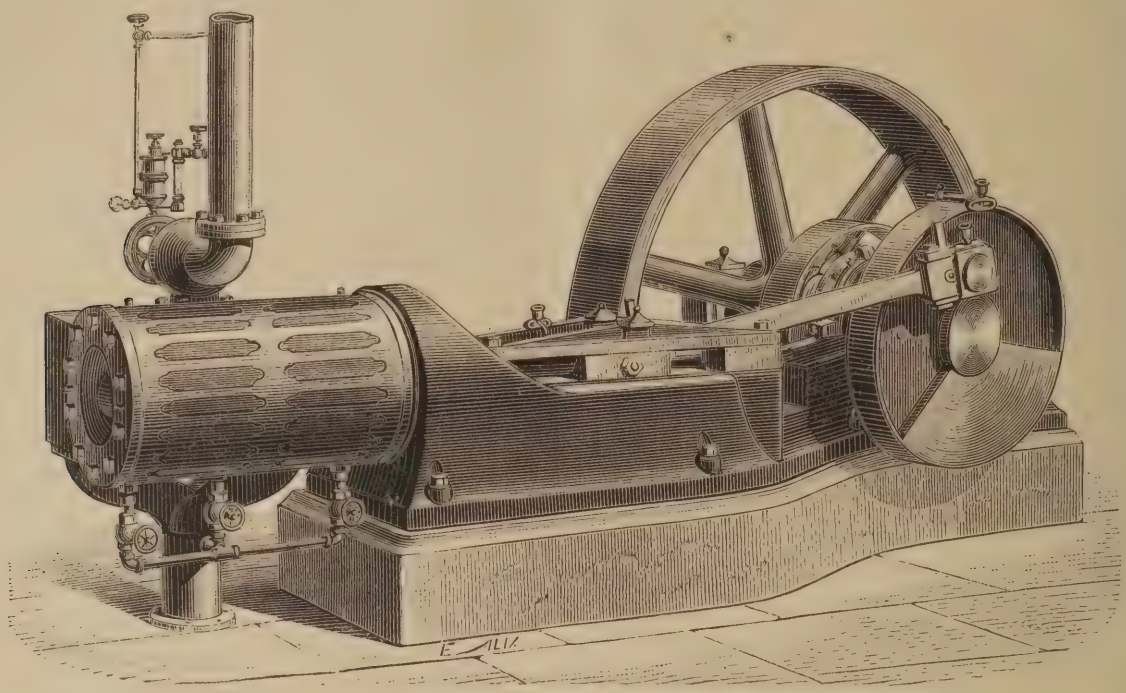


FIG. 35. — MACHINE ARMINGTON

Le graisseur du cylindre est représenté par les figures 40 et 41. La vapeur, amenée dans le long tube F, par la conduite d'admission C, s'y condense et déplace l'huile, plus légère que l'eau, vers le haut du récipient D, d'où elle revient à travers

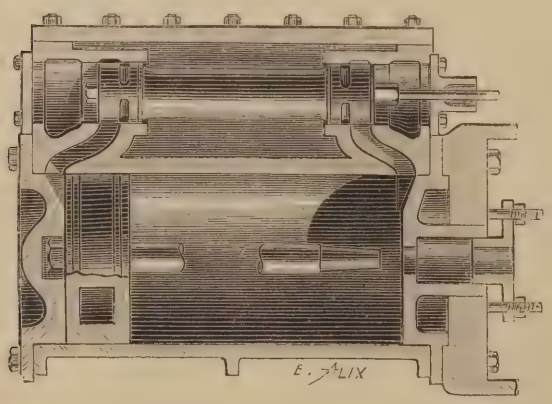


FIG. 36. — MACHINE ARMINGTON. — CYLINDRE ET TIROIR

e tube étroit *t* et l'indicateur E, dans la conduite d'admission qui l'amène au tiroir. Le passage des gouttes d'huile à travers l'eau de l'indicateur E permet de s'assurer du fonctionnement de l'appareil. Le débit se règle par l'obturateur L de A.

Ces machines se construisent couramment simples jusqu'à 225 chevaux et jumelles jusqu'à 450; le diamètre du piston est, le plus souvent, égal à

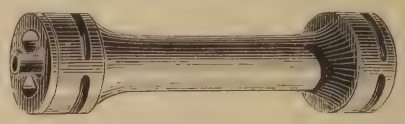


FIG. 37. — MACHINE ARMINGTON. — TIROIR

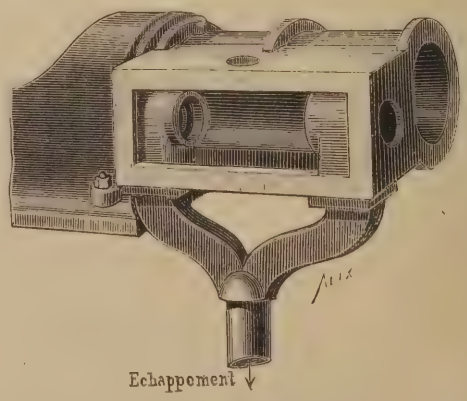
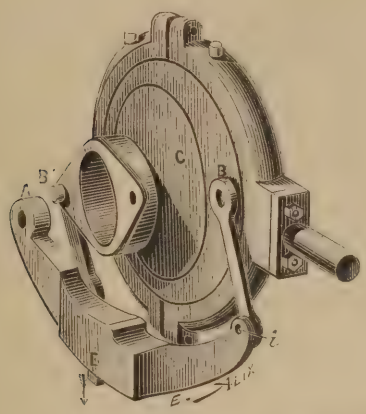


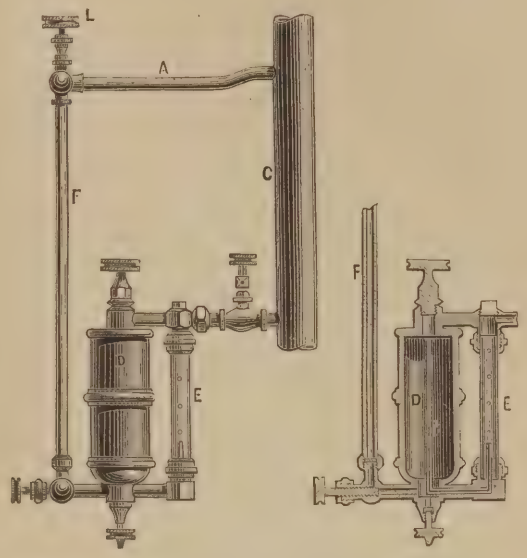
FIG. 38. — MACHINE ARMINGTON. — BOITE DU TIROIR

sa course; les grandes machines ont une vitesse de piston réglementaire de 3^{m} par seconde.

La machine rectiligne de Sweet

La machine désignée par son inventeur, M. Sweet, sous le nom de machine rectiligne, — *straight line engine*, — est caractérisée par la forme triangulaire de son bâti, ne laissant aucune pièce en porte-à-faux, présentant aux efforts de la vapeur une résistance aussi directe que possible, et ne reposant que sur trois points d'appui, condition favorable à la stabilité.





MACHINE ARMINGTON. — FIG. 39 : RÉGULATEUR; VUE PARTIELLE. — FIG. 40 ET 41 : GRAISSAGE

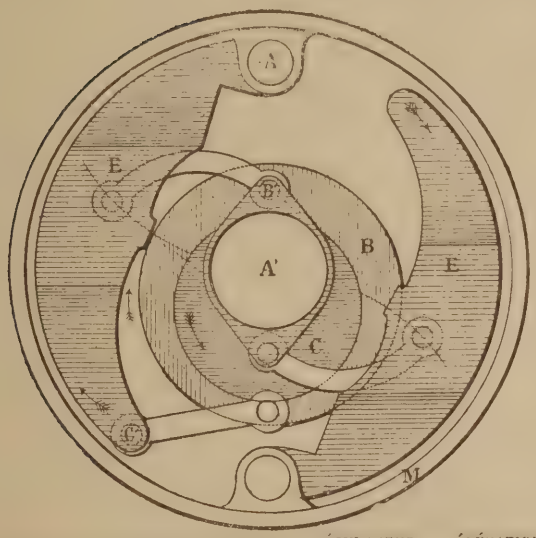


FIG. 42. — MACHINE ARMINGTON. — RÉGULATEUR. — ÉLÉVATION

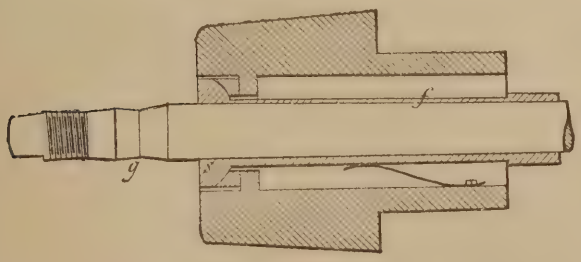


FIG. 43. — MACHINE DESWEET. — GARNITURE DE LA TIGE DU PISTON

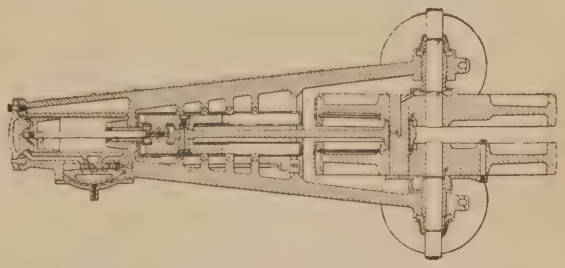


FIG. 44. — MACHINE RECTILIGNE DE SWEET. — PLAN-COUPE PAR L'AXE DU CYLINDRE

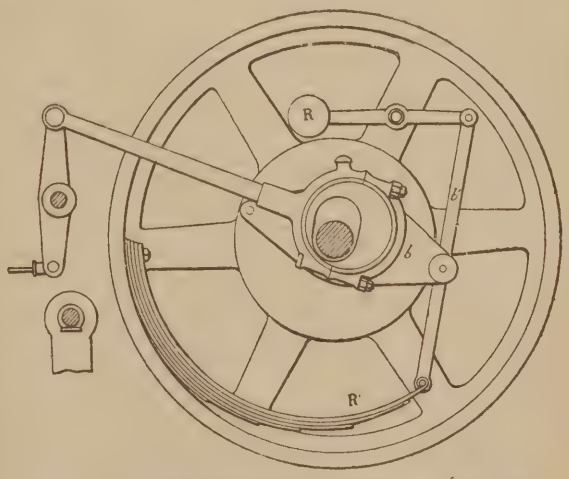


FIG. 45. — MACHINE RECTILIGNE DE SWEET — RÉGULATEUR

Le piston, très léger, est long et sans garniture; les glissières à quatre guides, longues d'une fois et demie la course du piston, assurent un guidage

parfait de la tige. Cette tige n'a pas de boîte à étoupe, mais un simple fourneau de bronze *f*, figure 43, lui laissant un jeu de 1/10 de m/m environ et libre de pivoter autour du joint sphé-

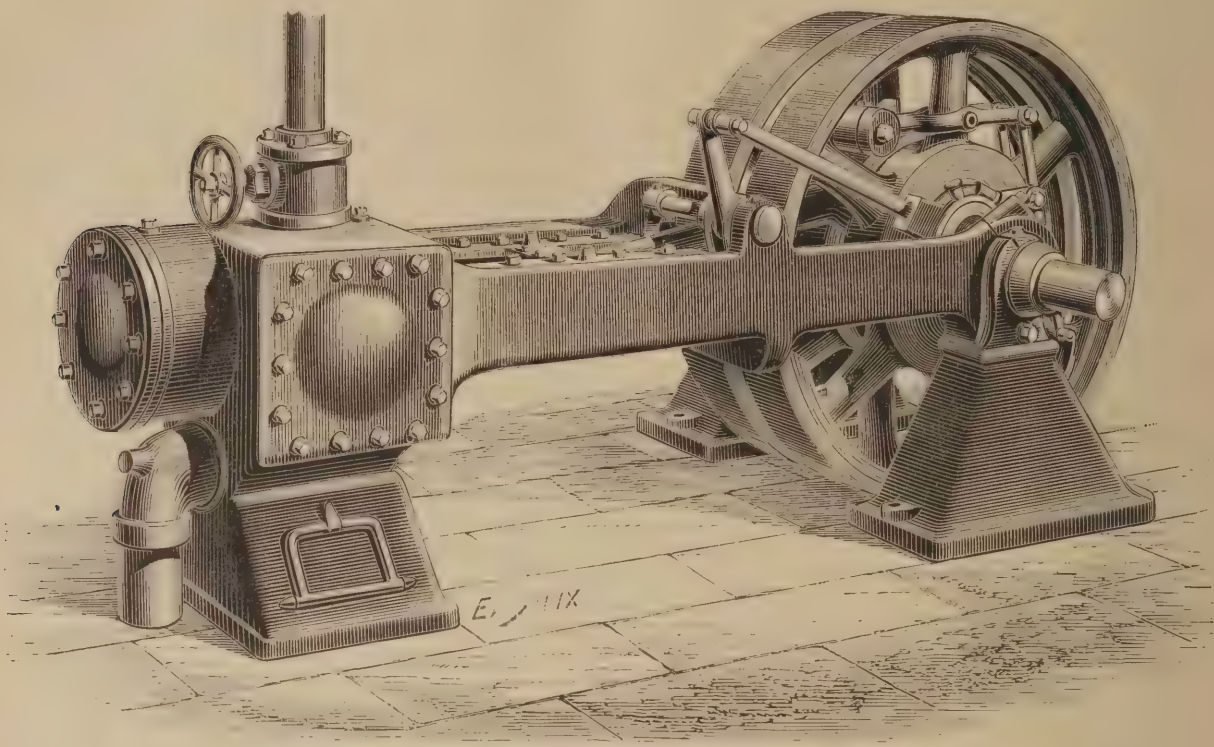


FIG. 40. — MACHINE RECTILIGNE DE SWEET

rique *s*. Cette garniture sans frottement reste étanche, grâce à sa longueur et à la vitesse du piston. La tige du piston, l'arbre moteur et celui des

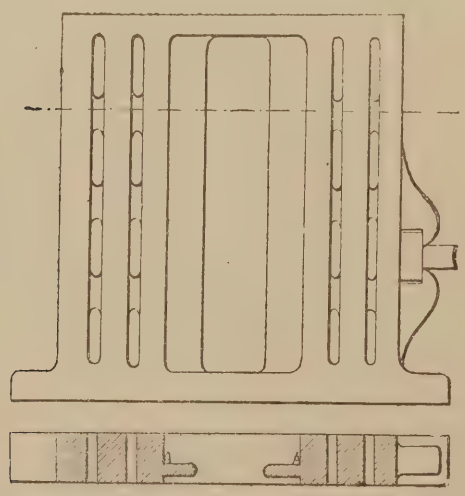


FIG. 47 ET 48. — MACHINE RECTILIGNE DE SWEET. — TIROIR

manivelles sont affaiblis par des gorges *g*, fig. 43 et 44, concentrant leurs flexions en dehors des encastrements et des portées. Le graissage de la

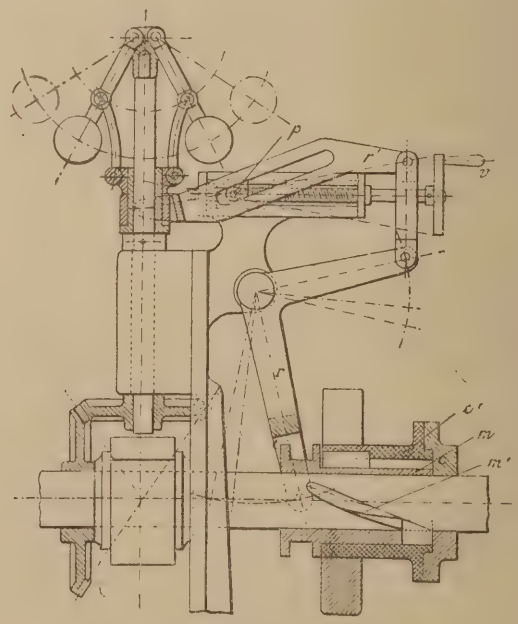


FIG. 49. — MACHINE DE FENBY. — RÉGULATEUR

grosse tête de bielle s'opère, de l'intérieur de son arbre, par une action centrifuge, fig. 44.

Le tiroir équilibré, fig. 47 et 48, est percé d'ou-

vertures multiples donnant de larges admissions avec une faible course; les panneaux A sont destinés à protéger les contreplaques contre l'impulsion directe très corrosive de la vapeur d'échappement.

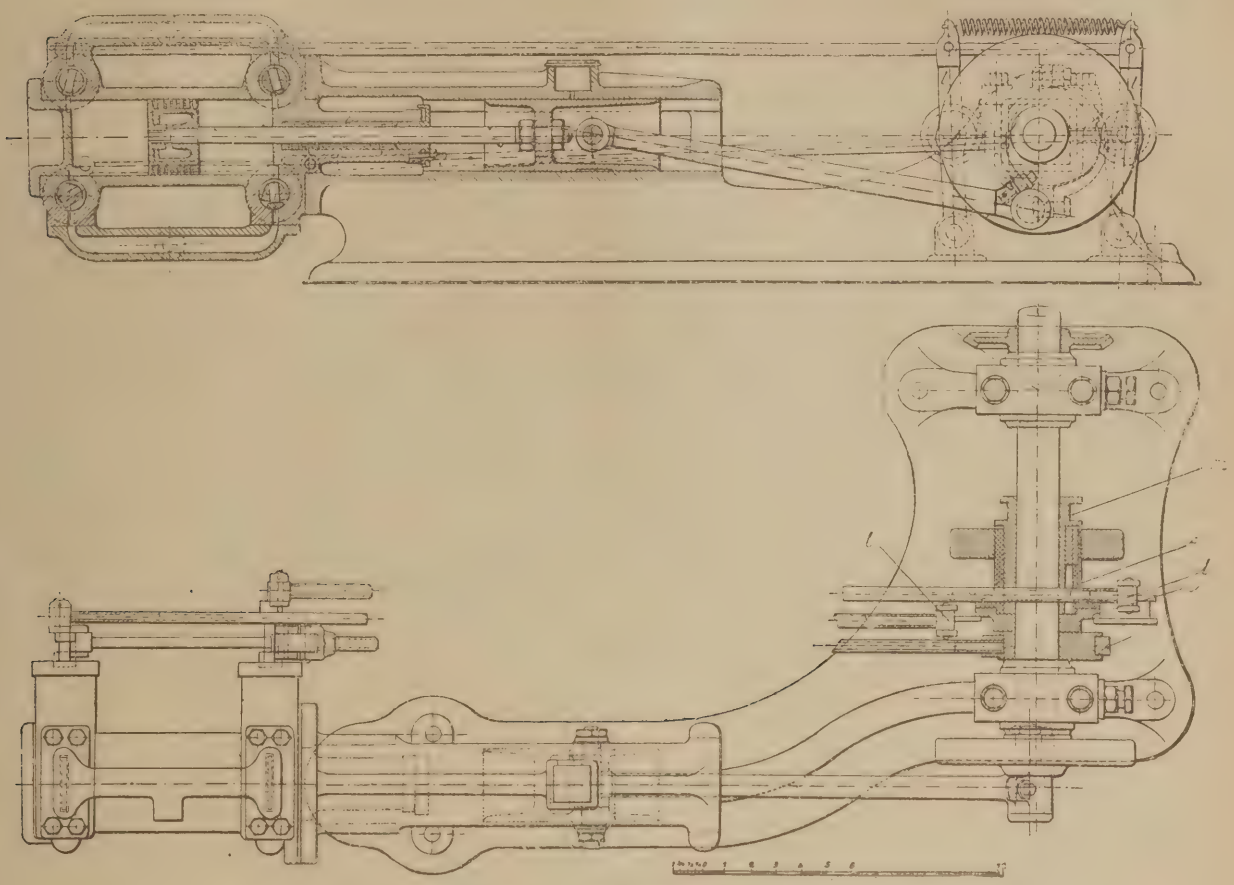


FIG. 50 ET 51. — MACHINE DE FENBY. — COUPE VERTICALE PAR L'AXE DU CYLINDRE ET PLAN

L'excentrique est mené par un bras *b*, fig. 45, relié au volant par la bielle *b'*, et dont le calage change

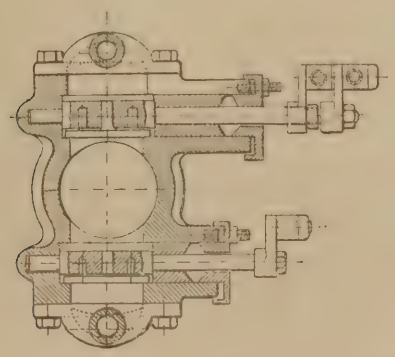


FIG. 52. — MACHINE DE FENBY. — COUPE TRANSVERSALE PAR LES DISTRIBUTEURS

avec la position que la force centrifuge impose à la boule R du régulateur, malgré l'antagonisme du ressort R'.

Machine de Fenby

La distribution de ce moteur, construit par Greenwood et Batley de Leeds, s'effectue par quatre robinets, deux pour l'admission et deux pour l'échappement.

Les robinets d'échappement sont commandés par un excentrique *e* d'une façon invariable.

Les robinets d'admission, en bronze dur de Perkins, sont commandés par deux cames *c* et *c'* en prises avec les leviers à galets *l*. La came *c*, qui détermine l'ouverture de l'admission, est calée invariablement sur l'arbre; la came *c'*, qui détermine la fermeture de l'admission ou le degré de détente, est, au contraire, calée à rainure et languette sur un manchon *m*, fig. 49. Ce manchon, entraîné dans la rotation de l'arbre par un bouton pris dans la rainure très inclinée *m'*, pivote autour de l'arbre, et change d'autant le calage de sa came *c'* sous l'action du levier du régulateur *r*. La vis *v* permet de graduer l'action du régulateur

en modifiant la position de l'axe de pivotement p du levier r'.

La garniture de la tige du piston est formée par une série de bagues ou de rondelles en bronze présentant de six en six un petit trou t, fig. 51, dans lequel la vapeur se détend, de sorte que sa pression s'abaisse graduellement jusqu'à l'extrémité de la garniture, et suffisamment pour éviter les fuites.

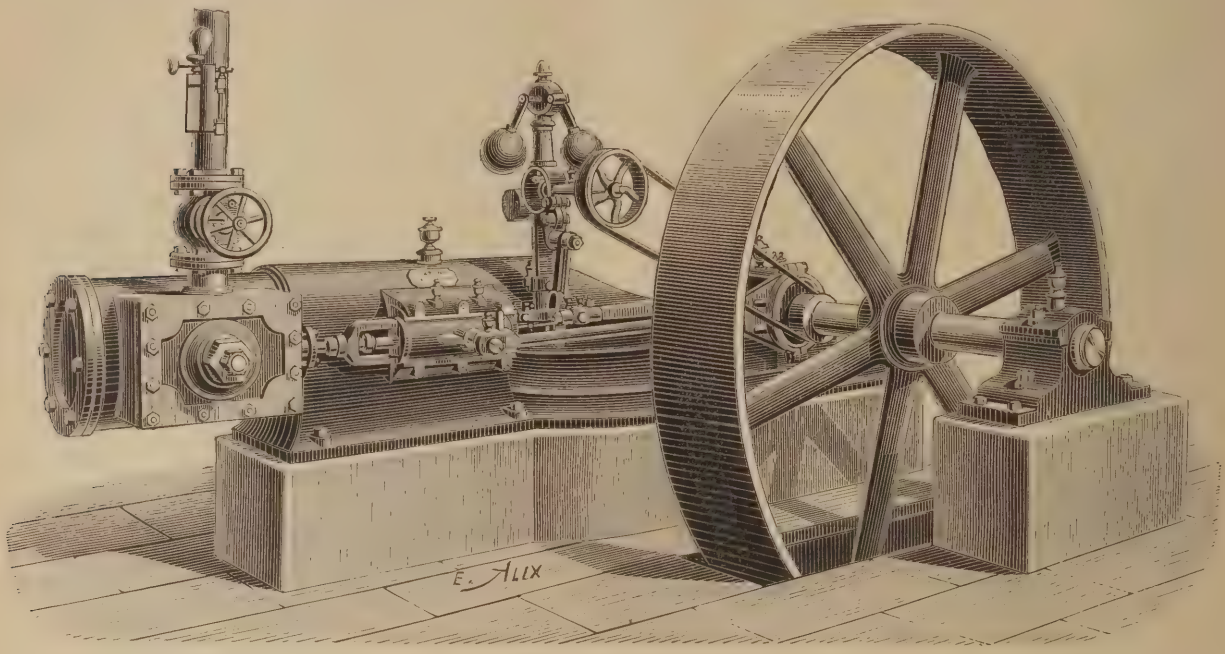


FIG. 53. — MACHINE DE WELCH

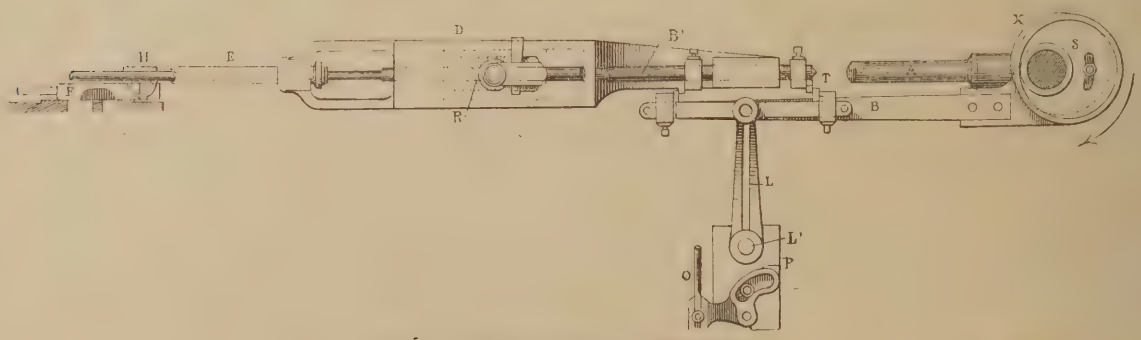


FIG. 54. — MACHINE WELCH. — DISTRIBUTION

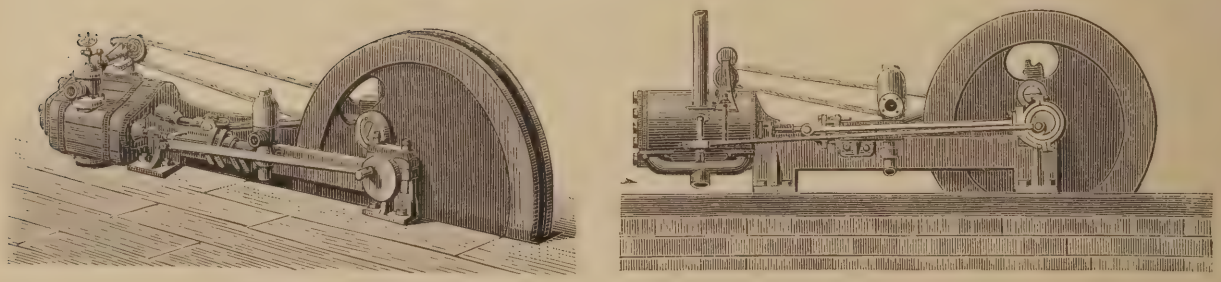


FIG. 55 ET 56. — MACHINES « EXPRESS » DE LA « GENERAL ENGINE AND BOILER C° »

Les détails de ce moteur paraissent parfaitement adaptés à leur but, et ne présentent qu'un point faible, l'action des cames sur leurs galets.

Machine de A. Welch

Nous avons vu que les distributions par déclics, ou à mécanismes discontinus, ne conviennent pas,

(1) *American machinist*, 12 nov. 1881.

en général, aux moteurs à grande vitesse : la disposition adoptée par M. Welch, des Lambertville Iron Works, mérite néanmoins d'être décrite comme une ingénieuse tentative d'adaptation d'une distribution de ce genre aux machines rapides.

La vapeur est distribuée aux cylindres (fig. 54) par

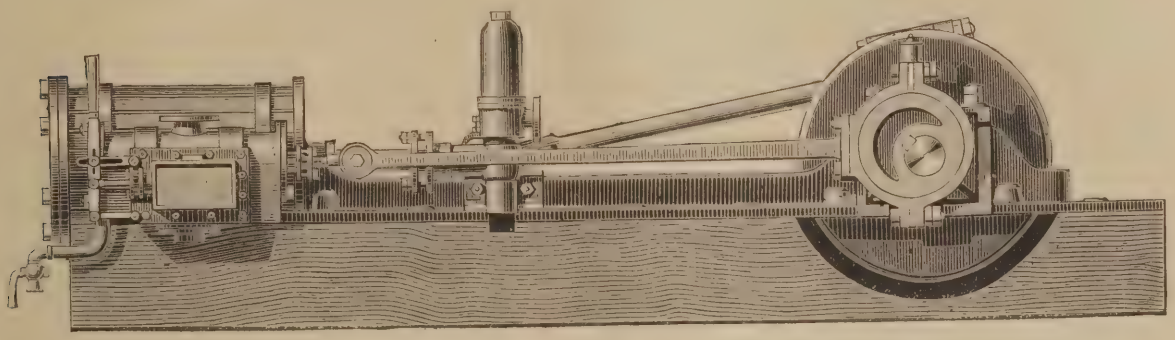


FIG. 57. — MACHINE DE JOHN BOURNE, POUR LES GRANDES PUISSANCES

deux tiroirs superposés F et H. F, dont la marche est invariable, ne sert qu'à l'admission et à l'échappement de la vapeur, tandis que le degré de détente est déterminé par le mouvement, sur le dos de

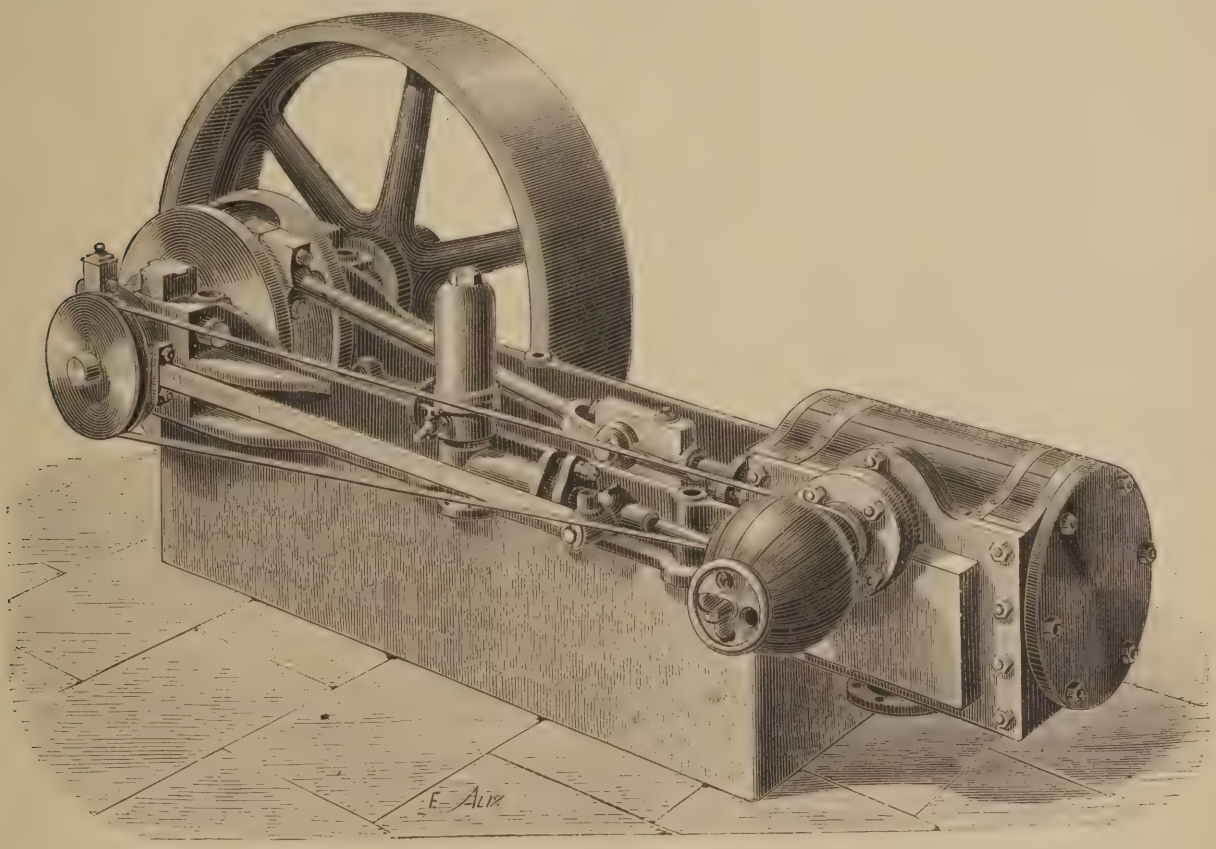


FIG. 58. — MACHINE DE JOHN BOURNE, POUR LES MOYENNES PUISSANCES

F, du petit tiroir H soumis à l'action du régulateur.

Les deux tiroirs sont disposés de manière que le glissement de H sur F ait une très faible amplitude.

Le tiroir principal F est mené par l'excentrique *x*, la bielle A, la glissière D et la tige E.

Le tiroir de détente H est conduit par l'excentrique *s*, la tige B, l'un des taquets T, la bielle B′ et la tige E′, que traverse celle du tiroir principal,

et se trouve reliée à l'étrier fixe D par un ressort R.

Dès que le taquet échappe la tige B, qui s'abaisse à cause de sa liaison avec le levier L oscillant autour de L′, le ressort R ramène vivement B′ et H et ferme l'admission. La tige *o* du régulateur agit sur la détente en modifiant la position du point L′, dont il abaisse ou soulève la glissière P.

Le faible déplacement du tiroir H ($10^m/^m$ environ). suffisant pour déterminer la détente, et la douceur avec laquelle les taquets entrent en prise grâce à la

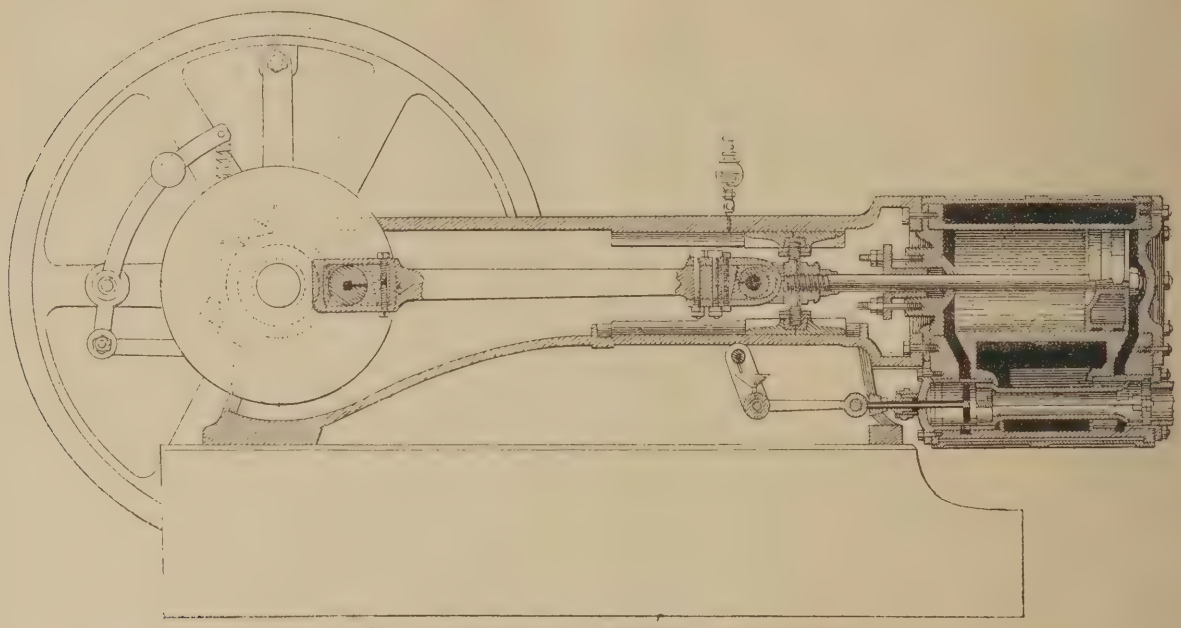


FIG. 59. — LA MACHINE IDE. — COUPE PAR L'AXE DU CYLINDRE

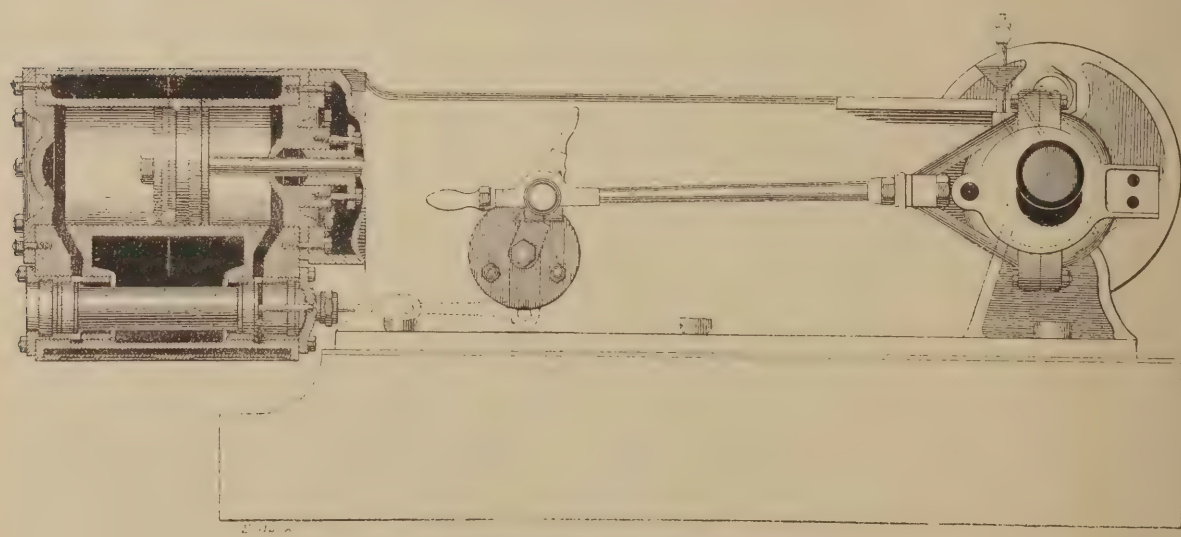


FIG. 60. — LA MACHINE IDE. — CÔTÉ DE L'EXCENTRIQUE

lenteur du mouvement relatif des deux tiroirs, permettent de marcher sans fatigue et sûrement, à des vitesses relativement considérables.

MOTEURS DIVERS

Les machines « express », construites par la *General Engine and Boiler Company* de Londres, sont d'un type analogue à la machine rectiligne précédemment décrite ; leurs tiroirs, à pistons, sont équilibrés (fig. 55 et 56).

Ces machines sont remarquables par leur simplicité, la régularité et l'économie de leur fonctionnement.

Les machines étudiées par *John Bourne*, spécialement pour les grandes vitesses, sont de deux

types, l'un à tiroir à piston, équilibré et muni d'une mise en train, fig. 57, est plutôt adaptée aux grandes forces; l'autre, à tiroir plat, convient aux puissances moyennes.

Le régulateur agit dans ce dernier type sur la prise de vapeur, et se compose d'une sorte de tonneau dont les douves, en acier très flexible, se renflent à l'équateur sous l'influence de la force centrifuge, et déplacent plus ou moins le fond mobile relié à la prise de vapeur. C'est un régulateur isochrone très sensible. La longueur des moteurs de ce type, construits par Penn, est égale à huit fois la course du piston, et leur largeur à cinq fois cette course.

La distribution de la machine toute récente, connue sous le nom de *Ide Engine*, construite par

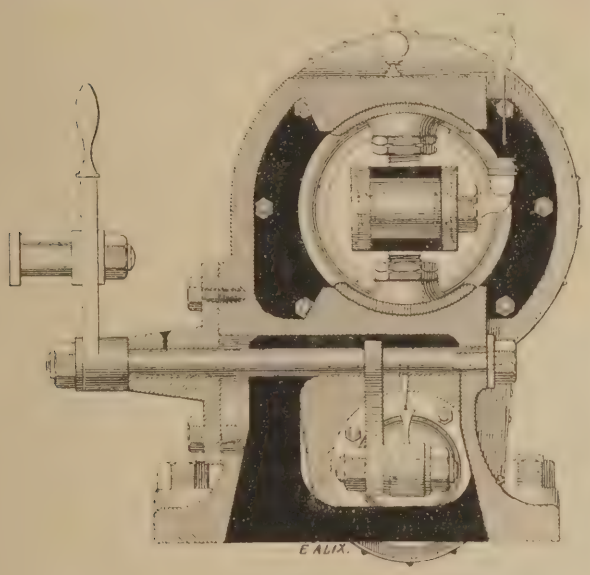


FIG. 61. — LA MACHINE IDE. — COUPE TRANSVERSALE

M. A.-L. Ide, à Springfield (Illinois), est effectuée, comme celle des machines d'Armington, par un tiroir à pistons équilibré, placé sous le cylindre de façon à le drainer complètement à chaque échappement.

Ainsi que l'indiquent les figures 59, 60 et 61, la tige de ce tiroir est actionnée indirectement par un renvoi de mouvement qui égalise, comme dans la machine Allen, les phases de la distribution sur les deux faces du piston moteur.

La bielle de l'excentrique se détache de ce levier, de façon que l'on puisse renverser à la main la marche du moteur.

Le graissage est tout particulièrement assuré. L'arbre de distribution est muni, suivant son axe, d'une chambre de graissage fermée par un boulon, indiquée en pointillés à droite de la figure 61, et qui laisse tomber l'huile sur le graisseur de la bielle du tiroir (fig. 59). Les tourillons de la manivelle motrice et de la crosse du piston sont lubrifiés à l'aide de systèmes analogues.

La glissière de la crosse du piston, alésée au diamètre du cylindre et rigoureusement dans son axe, présente des surfaces de frottement et de guidage très étendues, parfaitement graissées.

La régularisation du moteur s'opère (fig. 62), en faisant osciller l'excentrique autour de l'axe qui la relie au volant par l'action de contrepoids entraînés par ce volant, et pouvant se déplacer, comme l'indique le tracé pointillé, sous l'effet de la force centrifuge. Les vibrations des ressorts compensateurs de ces contrepoids, sont amortis par la résistance d'un petit cylindre à huile qui augmente la stabilité du régulateur, sans nuire à son efficacité. On peut

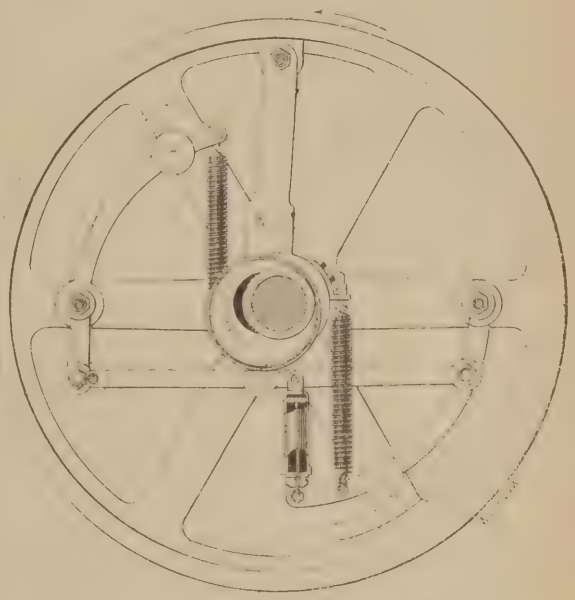


FIG. 62. — LA MACHINE IDE. — RÉGULATEUR

ainsi faire varier l'admission de presque rien (13 m/m) à vide, jusqu'aux $\frac{3}{4}$ de la course en pleine charge.

Les données de l'essai suivant, reproduites par l'*Electrical Review* du 21 février dernier, peuvent être considérées comme représentant assez exactement le fonctionnement de ces moteurs.

Diamètre du cylindre	305 m/m
Course du piston	450
Nombre de tours par minute	200

Travail. — La machine conduisant 4 dynamos Futler de 20 lampes à arcs de 2 000 candles chacune.

Pression initiale	5k25	par cent. carré.
Pression moyenne	1,90	—
Admission	$\frac{1}{8}$ de course	—
Chevaux indiqués	55,76	—
Consommation d'eau, par cheval indiqué	30k30	

Ces machines peuvent développer couramment, dans des conditions moins économiques sans doute, mais sans une fatigue anormale, une puissance de 100 chevaux environ à 200 tours, avec une pression initiale de 5 atmosphères et une admission des $\frac{2}{3}$ environ de sa course.

Dans la machine de *Vallet* (fig. 63 et 64), tous les organes, à l'exception de la tige du tiroir, sont enfermés et abrités à l'intérieur du bâti. Le piston, dont la tige forme glissière et fourreau, reçoit sur sa surface annulaire la vapeur à haute pression qui se détend ensuite sur la face arrière, de sorte que la machine marche en compound. La détente est invariable.

Les dimensions principales du moteur Vallet

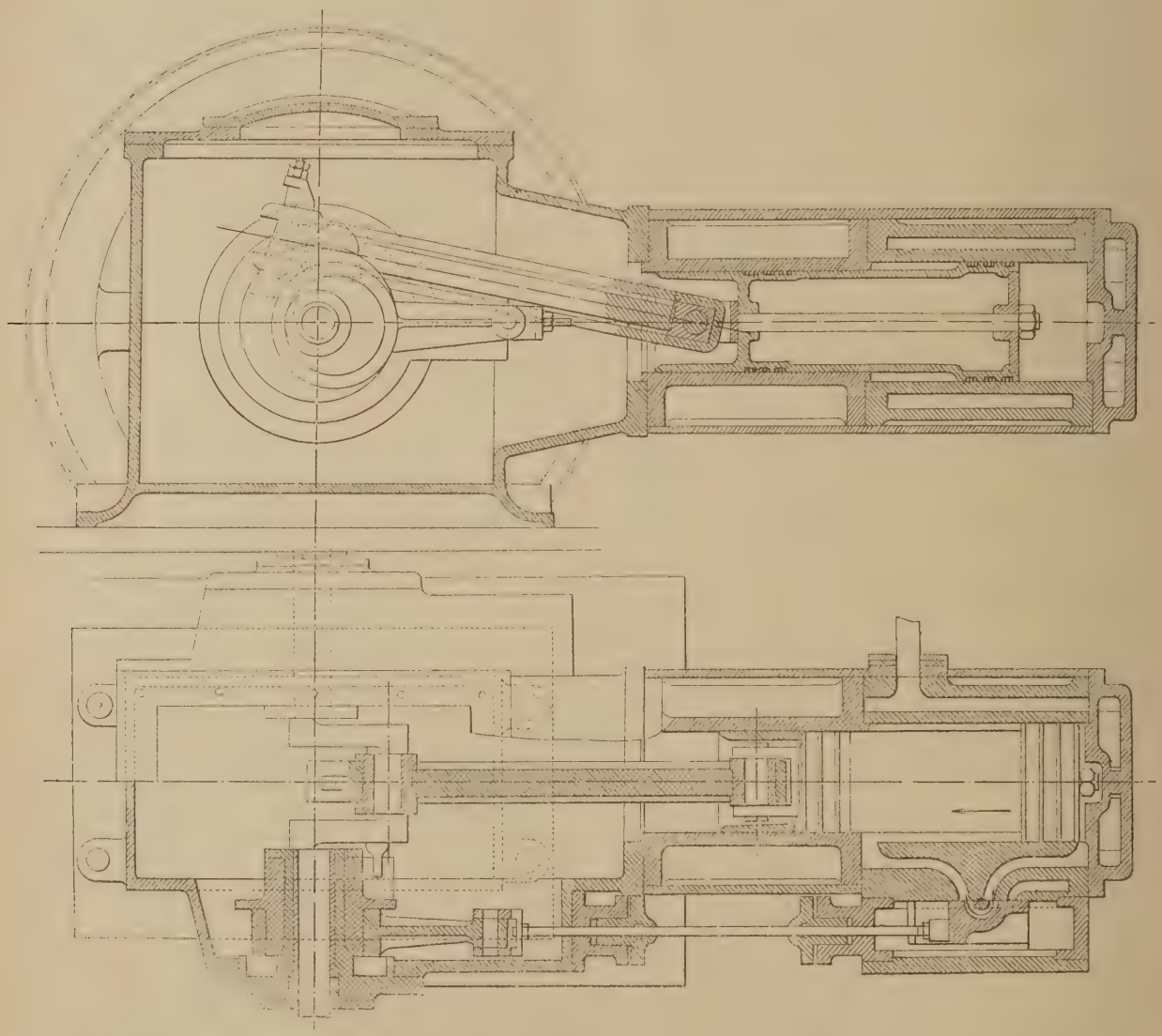


FIG. 63 ET 64. — MACHINE COMPOUND VALLET

représenté par les figures 63 et 64 sont les suivantes :

Diamètre du piston	250mm
— du fourreau	175mm
Course	250mm

La machine construite par MM. *Warral Elwell* pour la Compagnie générale d'électricité, est parfaitement équilibrée, grâce à la disposition symétrique des cylindres moteurs (fig. 65 et 66) : ses mécanismes sont presque entièrement à l'abri. Le régulateur agit, sur les prises de vapeur, par laminage. Le graissage est fourni par un seul appareil, amenant l'huile dans l'axe de l'arbre moteur, d'où elle est distribuée aux différentes parties, par des percées radiales.

Les principales caractéristiques de ces moteurs sont les suivantes :

TYPES	PISTON		POIDS sans socle	PUISSANCE indiquée à 800 tours avec une pression initiale de 5 atmosphères
	Diamètre	Came		
N° 1	125m/m	80m/m	420k	12
N° 2	135	110	600	20
N° 3	250	150	1950	100

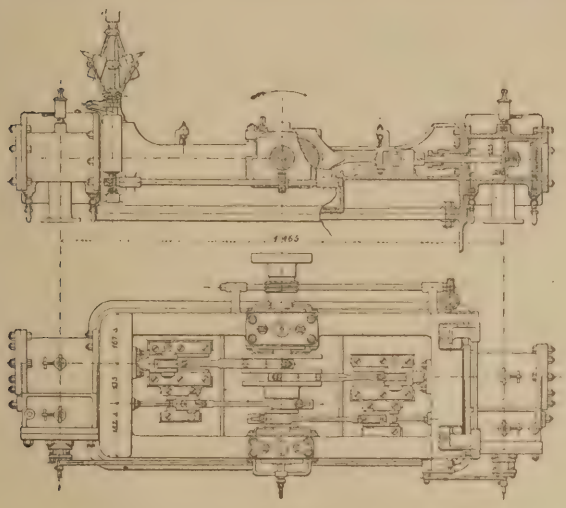


FIG. 65 ET 66. — MACHINE WARRALL-ELWELL

La vitesse peut être portée, sans danger, de 800 à 1 000 tours par minute.

(A suivre.) GUSTAVE RICHARD.

CHRONIQUE DE L'ÉTRANGER

Correspondances spéciales

Angleterre

LORD RAYLEIGH SUR LA MESURE DES COURANTS ÉLECTRIQUES. — La manière la plus simple de mesurer un courant d'une intensité peu élevée serait, l'équivalent électro-chimique de l'argent étant connu, de déterminer la quantité d'argent déposée par le courant traversant un voltamètre à argent, c'est-à-dire un voltamètre à électrodes en argent pur plongées dans une solution de nitrate d'argent. Le poids en grammes d'argent déposé $W = Cet$ formule dans laquelle C est l'intensité du courant, e l'équivalent électrochimique et t le nombre de secondes que dure le passage du courant, et, la valeur de W étant connue, on trouve l'intensité du courant par cette formule quand on connaît e. Kohlrausch a trouvé pour la valeur de e en unités C. G. S. $1,136 \times 10^3$ et Mascart $1,124 \times 10^3$, mais, comme je l'ai dit dans ma dernière lettre, lord Rayleigh trouve $1,118 \times 10^2$, un résultat qui correspond plutôt à celui de Mascart qu'à la valeur trouvée par Kohlrausch. Il serait difficile de dire quel est le chiffre le plus correct ; mais il est à observer que celui de Mascart tient presque la moyenne des trois.

Pourtant lord Rayleigh croit être arrivé à son résultat par une méthode qui, bien qu'analogue à celle de Mascart, offre cependant moins d'inconvénients.

Néanmoins l'emploi d'un voltamètre pour des mesures de ce genre n'est pas sans difficultés pour

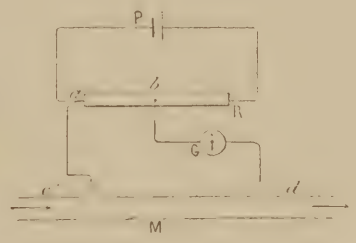


FIG. 1

un électricien ordinaire, qui pour le présent préférera probablement de se servir de ses instruments électriques et de ses méthodes usuelles. Il faut une bonne balance et l'habitude des opérations chimiques pour peser et calculer la vraie quantité d'argent déposée. Par la méthode d'essai ordinaire, l'électricien peut arriver à un résultat à l'aide d'un galvanomètre et d'une boîte de résistance. La figure 1 donne une disposition de ce genre dans laquelle le courant d'un élément étalon P traverse une série de bobines R de haute résistance, mettons 10 000 ohms, ou bien une des résistances à glissières employées dans les expéditions de câbles sous marins. Le courant à mesurer passe le long d'une bande de maillechort en feuille M avec deux saillies selon la figure 1.

Ces saillies sont reliées à travers un galvanomètre G à deux points, déterminés par des essais dans les bobines de résistance, qui ne donnent aucune déviation du galvanomètre ; ce qui revient à dire que le courant dérivé des bobines est équilibré par celui de la feuille de maillechort ou en d'autres termes, que la différence de potentiels entre les points ab est égale à celle entre les points cd. Mais la différence de potentiels entre a et b est à la force électromotrice totale de l'élément étalon P

ce que la résistance de a à b est au total de la résistance R.

Après avoir ainsi trouvé la différence de potentiels entre a et b et sachant d'avance la résistance de la bande en maillechort entre les points cd nous obtiendrons la valeur de l'intensité du courant dans la bande. Si donc e représente la différence de potentiels entre ab et r la résistance de la bande entre les points cd, alors l'intensité $C = \frac{e}{r}$. Avec un galvanomètre sensible l'équilibre peut être établi à $\frac{1}{4000}$ environ. La bande en maillechort doit être assez large pour ne pas s'échauffer. La résistance entre les saillies peut être de $\frac{1}{200}$ ohm et on peut la déterminer par une méthode semblable à celle de Mathiessen et Hockin (voir l'*Electricity* de Maxwell § 352). Ces proportions conviennent pour la mesure de courants d'environ 10 ampères.

A part l'emploi de la bande en maillechort avec saillies, il n'y a rien de nouveau dans le procédé de lord Rayleigh. Une autre méthode suggérée par lord Rayleigh, et d'un ordre nouveau, pourrait être utilisée pour les courants forts qui sont aujourd'hui si communs. Elle est basée sur la découverte de Faraday de la rotation du plan de polarisation de la lumière par la force magnétique M. J. S. H. Gordon a trouvé qu'un courant de 4 ampères circulant 1 000 fois autour d'une colonne de sulfure de carbone fait tourner le plan de polarisation environ 7°. Avec du verre épais au lieu du sulfure de carbone une bobine de 100 tours de fil traversée par un courant de 40 ampères produirait à peu près la même rotation, mais cet effet pourrait être triplé en faisant passer la lumière trois fois à travers la colonne de verre. Nous croyons savoir que lord Rayleigh s'occupe en ce moment de redéterminer l'angle de rotation du plan de polarisation de la lumière dans le sulfure de carbone. et qu'il a l'intention d'essayer l'application de cette méthode [1].

MESURE DES FAIBLES RÉSISTANCES. — Nous empruntons à un ouvrage anglais qui va prochainement paraître la méthode pratique suivante pour mesurer la résistance de fils d'une petite longueur ou autres faibles résistances.

Joignez un *fil étalon* à celui qui doit être essayé en soudant le contact ou en employant un godet de mercure en O (voir fig. 2). Reliez les deux fils en circuit avec une pile constante P, quelques éléments étalons Daniell, par exemple, ou des éléments à chlorure d'argent et une clef K. Marquez sur le fil étalon une certaine longueur SO (mettons 100 centimètres) d'une résistance R et observez la déviation d_1 d'un galvanomètre à miroir G_1 de haute résistance, comparée aux fils à essayer, relié aux points S et O. Mettez vivement G_1 dans la position G_2 par un commutateur ordinaire et notez la déviation d_2. Ensuite faites glisser le contact en T entre le galvanomètre et le fil à essayer X jusqu'à ce que la déviation $d_2 = d_1$. La résistance R est alors égale à X. Si la longueur ou la résistance de OT ne peut être modifiée de cette manière ou si l'on essaie la résistance des contacts d'une armature ou d'un commutateur de dynamo, on peut déplacer le contact en S, jusqu'à ce que la déviation $d_1 = d_2$, alors nous avons comme auparavant $R = x$ pour $d_1 = d_2$. Le *mho-mètre* de sir William Thomson, ainsi nommé du mot ohm écrit à l'envers, est un instrument spécialement construit pour mesurer les conductibilités de fils de basse

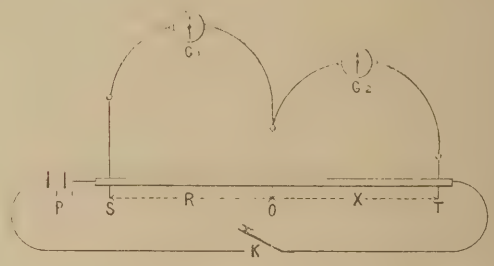


FIG. 2

résistance. Il a la forme d'un galvanomètre des tangentes qui donne la conductibilité en multipliant la tangente de la déviation par une constante.

BOBINES DE RÉSISTANCE ÉTALONS. — Des arrangements ont été faits par un comité de l'Association britannique pour essayer les bobines de résistance envoyées au Cavendish Laboratory, à Cambridge et en garantir l'exactitude.

Le certificat retourné avec les bobines indiquera leurs vraies résistances à une température donnée; l'unité de l'association britannique (BA) est fixée à 0,9867 du vrai ohm. On n'essaiera pas de donner le coefficient de la température de la bobine, ce qui entraînerait un mode d'essai trop laborieux. Une redevance de 20 francs sera payée pour l'essai de bobines d'une seule unité, et de 40 fr. pour les autres.

ÉCLAIRAGE DES TRAINS DE CHEMIN DE FER. — Généralement les wagons de chemins de fer en Angleterre, même ceux de première classe, sont mal éclairés. Les lampes à huile qu'on emploie presque toujours sont d'une construction défectueuse, et par une économie mal entendue les

[1] Nous avons vu il y a un an ou deux un appareil reposant sur le même principe et construit par le Dr A. d'Arsonval, mais nous ignorons si la description de cet instrument a jamais été donnée par son auteur.

(*Rédaction.*)

Compagnies fournissent une bien mauvaise lumière, qui est trop faible pour la lecture et très pénible pour les yeux. Il y a pourtant des indices d'améliorations sous ce rapport, et à côté de l'introduction de l'éclairage au gaz par le système de Pintseli sur quelques trains, nous avons maintenant des essais d'éclairage électrique.

Il est vrai que les trains élégants de Brighton, composés de wagons-salons, ont été éclairés depuis quelque temps avec des lampes à incandescence alimentées par des piles secondaires; mais les trains ordinaires vont maintenant aussi être éclairés par des dynamos ou des piles primaires. M. W. H. Massey de Twyford a fait des expériences avec des dynamos placées dans le fourgon du conducteur, et MM. C. V. Holmes, Burke et d'autres ont essayé des batteries primaires. Le succès de ces messieurs a fait adopter leur système, d'une manière permanente, par la London and Southwestern Railway C°. Le premier wagon mixte, composé de quatre compartiments de première et deux de seconde classe, est parti la semaine dernière de Londres pour Bazingstoke et retour, un voyage de trois heures. Il était éclairé par neuf lampes à incandescence de 5 bougies, mais ces lampes en donnaient 8, d'après ce qu'on dit.

La pile qui fournissait le courant a un peu plus d'un mètre de longueur sur 30 centimètres de largeur et de profondeur. Le poids ne dépasse pas 100 kilos. Les plaques sont en zinc et en charbon et les solutions sont de l'acide sulfurique étendu et une solution de sel ou mélange de plusieurs sels, auquel les inventeurs ont donné le nom d'*oxydone*. Il se développe des vapeurs nitreuses, mais elles sont rassemblées et conduites au moyen de tubes en verre hors de la pile, et elles peuvent être utilisées pour la formation de nitrate d'ammonium, un produit utile et de valeur pour l'agriculture. La batterie peut fournir vingt heures d'éclairage de suite. La résistance intérieure est très petite, à cause de la bonne qualité des vases poreux employés, des grandes dimensions des plaques et de la conductibilité des solutions. Par ces raisons on obtient un courant très intense. Les foyers ont donné toute satisfaction, et les voyageurs ont pu lire sans aucune difficulté. On annonce que les frais ne montent qu'à la moitié du prix du gaz et de l'huile, mais l'expérience démontrera mieux si ce calcul est vraiment confirmé par la pratique. La batterie dont nous venons de parler n'est pas la seule devant le public anglais, il y a notamment celles de MM. Ross, Coad et Fuller.

On commence à reconnaître les avantages des piles primaires pour les installations *restreintes* de lumière électrique, et tandis que les piles secondaires sont un peu négligées, les idées des inventeurs se sont tournées vers les piles primaires, qui auparavant avaient été mises de côté à leur tour. Naturellement on a fait quelques progrès, mais les résultats annoncés ne sont pas toujours à prendre au pied de la lettre, excepté dans le cas d'une pile comme celle de MM. Holmes et Burke, qui a été essayée publiquement. Il faudra 52 foyers pour éclairer un train complet sur le Southwestern Railroad, et le poids de la batterie Holmes-Burke nécessaire serait de 500 à 600 kilos. Nous devons ajouter que les solutions épuisées sont enlevées, et les éléments sont remplis de nouveau par un siphon.

UN TÉLÉPHONOGRAPHE. — Le brevet anglais de 1878 pour le transmetteur téléphonique à charbon de M. Edison donne une description complète du phonographe et son application comme enregistreur des dépêches reçues par téléphone est clairement indiquée. M. Edison ne nous a jamais dit s'il s'est servi du phonographe dans ce but, aussi les expériences récentes de M. Giltay ont-elles tout l'intérêt d'un essai original. M. Giltay a mis les pôles d'un aimant en fer à cheval, surmontés de bobines de fil fin, tout près du diaphragme vibrant en tôle d'un phonographe, de sorte que quand le courant ondulatoire d'un microphone placé dans une chambre éloignée traversait les bobines, une vibration sympathique était produite dans ce diaphragme par les pôles, et le stylet attaché en dessous imprimait les vibrations sur la feuille d'étain roulée autour du cylindre tournant du phonographe. Les marques étaient parfaitement visibles et M. Giltay a trouve qu'après avoir retiré le téléphone en fer à cheval et en employant le phonographe de la manière ordinaire, les paroles ou la musique qui avaient été reçus dans le téléphone et enregistrés sur la feuille d'étain pouvaient être reproduits et assez bien compris. Les meilleurs résultats ont été obtenus par la reproduction d'un cornet à piston.

J. MUNRO.

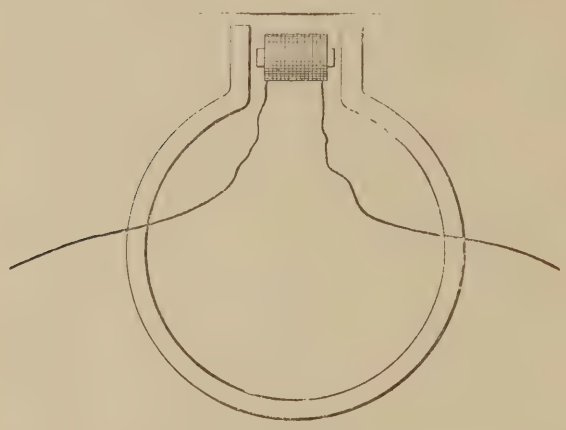
REVUE DES TRAVAUX
RÉCENTS EN ÉLECTRICITÉ

Disposition téléphonique à dérivation magnétique

Depuis que l'on construit des téléphones, on a modifié de bien des façons la forme originale adoptée par Bell, et il est à remarquer que tous les types ainsi créés donnent de bons résultats et, lorsqu'ils sont faits avec de l'acier de bonne qualité, se valent à peu près les uns les autres. Il semblerait qu'il soit moins difficile de réussir dans la construction d'un nouveau téléphone que de trou-

ver un type qui, logiquement construit, ne marche pas. A l'appui de ce fait, nous signalerons une disposition essayée par M. Carpentier et qui diffère sensiblement de ce qui a été fait jusqu'ici. Dans cet arrangement, l'aimant en fer à cheval ne porte pas lui-même de bobines et le fil est enroulé, comme le montre la figure, sur un petit noyau de fer placé entre les deux pôles et qui forme entre eux, pour ainsi dire, une *dérivation magnétique*. Dans ces conditions, les variations magnétiques produites dans les pôles par les mouvements de la plaque se transmettent au noyau du petit électro et donnent ainsi naissance aux courants qui, au récepteur, produisent l'effet inverse.

M. Carpentier qui a étudié ce dispositif à titre



de curiosité et non pour en faire un nouveau type, a constaté qu'il donne d'aussi bons résultats que tout autre.

Action des effluves électriques sur l'oxygène et l'azote en présence du chlore, par MM. P. Hautefeuille et J. Chappuis (1).

Nous avons signalé, en 1881, la propriété que possèdent les effluves électriques de détruire l'ozone mélangé à une petite quantité de chlore, et l'impossibilité où l'on se trouve de préparer l'ozone en présence du chlore. En cherchant à découvrir la nature du composé chloré instable qui détermine cette transformation, nous avons observé des faits qui se rattachent intimement à l'histoire de l'acide perazotique.

« Un mélange d'oxygène et de chlore, tous deux chimiquement pur, traverse un appareil à effluves sans être modifié d'une façon apparente, tandis que le même mélange, auquel on ajoute des traces d'azote, laisse sur les parois de l'espace annulaire un léger dépôt blanchâtre.

(1) Note présentée à l'Académie des sciences, dans la séance du 10 mars 1884.

« La matière solide, d'un blanc laiteux, produite dans ces conditions, augmente graduellement d'épaisseur et donne naissance, si l'expérience est prolongée plus de dix heures, à des arborisations analogues à celles que présentent les cristaux de glace, ou bien même à des druses de cristaux translucides teintés légèrement de jaune verdâtre. Ces modifications, dans la forme du dépôt pendant la préparation, prouvent que ce composé est volatil dans un courant de gaz à la température à laquelle les parois de l'appareil sont portées par le passage de l'effluve. Sa tension de vapeur est cependant presque nulle à 15°, ce qui permet de faire le vide sur ce solide sans perte sensible. Mais, en établissant une différence notable de température entre les deux tubes concentriques de l'appareil à effluves, on peut faire passer le dépôt cristallisé alternativement de la paroi du tube extérieur à la paroi du tube intérieur, ou inversement : ce transport dans le vide sec par volatilisation et condensation permet d'enlever aux cristaux les matières étrangères encore indéterminées. Le produit destiné à l'analyse a été traité par cette méthode à la température de 80°.

« Purifié et cristallisé, ce composé résiste à la température de 100°, mais il se décompose rapidement à 105°, sans fondre, en donnant des vapeurs d'acide hypoazotique. La formation de cet acide prouve que la combinaison nouvelle est azotée, et que, par suite, l'azote que nous avons employé dans sa préparation n'a pas uniquement servi à faire acquérir aux décharges électriques le mode particulier qui convient pour effectuer la combinaison directe de l'oxygène avec le chlore.

« Ce produit attire rapidement l'humidité et fournit des gouttelettes liquides très acides. Les sels obtenus en saturant cet acide par la potasse ou le baryte se conduisent, vis-à-vis des réactifs, comme un mélange de nitrate et de perchlorate.

« L'analyse par le cuivre chauffé au rouge a permis de s'assurer que les cristaux ne contenaient pour 1 éq d'azote que 1 éq de chlore, ainsi que le prouvent les résultats suivants :

Azote	9,01	Az	9,12
Chlore	22,71	Cl	22,80
Oxygène (par différence)	68,28	O^{13}	68,08
	100,00		100,00

« Nous avons essayé de déterminer directement l'oxygène en analysant le mélange gazeux obtenu en décomposant dans le vide les cristaux par la chaleur seule. La potasse monohydratée, en agissant sur ce mélange (AzO^4, ClO), laisse un résidu qui correspond à un peu plus des $\frac{7}{13}$ de l'oxygène total : ce qui confirme le résultat déduit de l'ana-

lyse par le cuivre, si l'on admet qu'il ne peut se former de l'azotite de potasse dans les conditions de l'expérience.

« Ce composé $AzClO^{13}$ (AzO^6, ClO^7) n'est pas le seul qu'on puisse réaliser par les effluves électriques avec ces éléments, mais c'est le plus facile à isoler et le plus stable.

« Il y a lieu de penser que le brome et l'iode peuvent également se combiner à l'azote et à l'oxygène et que les proportions considérables d'oxygène que ces corps halogènes semblent fixer y sont retenus avec de l'azote, élément dont il est difficile d'éviter complètement la présence dans les préparations des acides suroxygénés du brome et de l'iode. »

Actions de deux parties consécutives d'un même courant, par M. A. Buguet (1).

« Dans l'équipage qu'Ampère employait pour cette expérience bien connue, nous distinguerons les deux branches principales, qu'il n'a pu isoler de parties accessoires formées d'une branche horizontale et de deux verticales. Sur ces diverses parties agissent : 1° le courant des rigoles; 2° la Terre. Dans l'expérience ordinaire, les actions des rigoles sur les parties principales et accessoires concourent à pousser l'équipage dans le même sens; l'action de la terre dépend de l'orientation.

« La disposition suivante permet de faire la part de chacune de ces influences.

« L'appareil décrit dans le *Journal de Physique* (1883, p. 462), comprend les deux rigoles disposées suivant deux circonférences concentriques ; au centre, un axe autour duquel tourne, relié à lui, l'équipage d'Ampère, reposant sur le mercure des rigoles. Il acquiert ainsi une stabilité que ne donne pas la disposition ordinaire.

« Les deux nappes mercurielles sont interrompues aux extrémites d'un même rayon, par des cloisons isolantes que l'équipage franchira aisément, grâce aux ménisques mercuriels qui s'élèvent sur leurs bords. Les rhéophores pourront être amenés de part ou d'autre de ces cloisons; plaçons-les d'un même côté.

« 1° Si les branches principales de l'équipage sont dirigées vers les rhéophores, les conditions de l'experience Ampère seront réalisées.

« Or on observe une rotation continue dans le sens de la répulsion indiquée par Ampère, quel que soit le sens du courant, que l'on peut renverser à l'aide d'un commutateur. Il en résulte que l'action de la Terre n'est pas la cause déterminante du phenomène, puisque le courant a pu être renversé et que l'equipage prend successivement toutes les positions par rapport au courant terrestre.

« Reste encore l'action du courant des rigoles sur les parties accessoires.

« 2° Faisons passer les rhéophores de l'autre côté des cloisons. Les branches principales n'ayant avec le mercure de contacts conducteurs qu'à leurs extrémités, le courant parcourra ces branches en sens inverse de celui qu'il a dans les rigoles. D'après le raisonnement d'Ampère, les rigoles devront attirer ces courants contraires, tandis que leur action sur les parties accessoires est, comme plus haut, répulsive.

« L'équipage marche dans le sens de l'attraction, dès que le courant est assez intense pour triompher de l'action de la Terre, dont nous reparlerons plus loin, et l'on obtient une rotation continue dans le même sens que plus haut, quel que soit le sens du courant.

« 3° Il suffit d'enlever les cloisons isolantes pour faire intervenir à la fois attraction et répulsion, et pour se rendre compte de l'importance des branches principales.

« Le courant se bifurque alors en arrivant aux rigoles; une partie prend à droite, l'autre à gauche.

« *a*. Réduisons l'équipage à la partie que nous avons appelée *accessoire*.

« Si la Terre était sans action, l'équipage se porterait à l'autre extrémité du diamètre où arrive le courant. Si la Terre agissait seule, l'équipage se placerait à l'est ou à l'ouest du méridien magnétique, en une position dépendant des longueurs relatives des branches horizontales et verticales.

« Disposons dans le méridien magnétique le diamètre où arrive le courant, les rhéophores vers le nord.

« L'équipage prend une position d'équilibre stable, à l'est ou à l'ouest, suivant que le courant est centrifuge ou centripète dans la branche horizontale; il se rapproche d'autant plus du midi que le courant est plus intense.

« On comprend qu'ici, comme dans toutes ces expériences, l'action des rigoles sur l'équipage croît avec l'intensité du courant beaucoup plus vite que celle de la Terre.

« *b*. Ajoutons maintenant à l'équipage ces branches que nous appelons *principales*, elles seront attirées d'un côté, repoussées de l'autre par les courants bifurqués, et, si courtes soient-elles, elles imprimeront à la position d'equilibre de l'équipage un deplacement considérable dans le sens de cette double action. Dès qu'elles auront une longueur suffisante, elles donneront une rotation continue et très rapide.

« Ces experiences montrent, entre autres, comme M. Isarn l'a fait dernièrement avec d'autres dispositions, que, si dans l'expérience d'Ampère diverses nfluences entrent en jeu, la plus considérable est bien celle qu'on signale seule d'ordinaire. »

(1) Note présentée à l'Académie des sciences dans la séance du 10 mars 1884.

CORRESPONDANCE

Societa anonyma Italiana di Miniere di Rome e di Elettrometallurgia.

Genova, 18 mars 1884.

Monsieur le Directeur,

La *Revue Industrielle* du 12 mars publie un article de M. Hippolyte Fontaine sur l'électrochimie, qui fait mention d'un mémoire de M. Marchese, ingénieur des mines à Gênes, lequel avait pour but d'indiquer la grande économie de travail mécanique que l'on réaliserait en faisant l'électrolyse de sulfures métalliques plutôt que celle des sulfates qui avait été proposée auparavant. Sans contredire aux calculs de M. Marchese, M. Hippolyte Fontaine ajoute : « Il n'y a « qu'une chose qui rend, d'après nous, sa méthode absolu- « ment impraticable, c'est que les sulfates sont solubles et « que les sulfures ne le sont pas. »

Or, une telle conclusion, qui se base sur une confusion de faits, pourrait induire en erreur les lecteurs qui n'ont pas étudié la question de l'électrolyse des sulfures métalliques et qui pourtant y sont intéressés, en faisant supposer impossible un traitement électrique que les expériences du laboratoire et la pratique industrielle ont déjà suffisamment confirmé.

Je crois par conséquent, en ma qualité de collaborateur de M. Marchese et d'administrateur de la *Società Italiana di Miniere di Rame e di Elettrometallurgia*, qui s'en occupe sérieusement, et n'a pas hésité à y engager les capitaux nécessaires, devoir rectifier la conclusion erronée que M. Hippolyte Fontaine tire d'un fait positif connu de tout le monde.

C'est dans cet espoir que je m'adresse à vous, monsieur e Directeur.

Dans son mémoire sur le travail mécanique consommé par la dissociation électrolytique des sulfures, M. Marchese n'a point indiqué minutieusement de quelle façon l'attaque des sulfures métalliques se fait, s'étant borné à dire qu'il les employait comme anodes, ce qui était bien suffisant pour toute personne qui s'occupe d'électrolyse. On sait en effet que le raffinage du cuivre brut se fait en grand d'une façon analogue, le cuivre étant employé comme anode, sans avoir besoin d'être préalablement converti en sulfate.

Partant, le fait incontestable que les sulfures métalliques ne sont point solubles ne comporte nullement la conséquence qu'en tire M. Fontaine, que les sulfures métalliques ne sont point électrolysables.

Occupés sérieusement de l'installation d'un établissement industriel pour l'électrolyse des sulfures, nous savons par expérience que la plus grande des difficultés en la matière est le défaut d'études et de données pratiques sur la question C'est pour cette raison que M. Marchese et moi, qui avons la charge de cette installation, nous avons tâché, depuis deux ans, d'étudier cette sérieuse question industrielle dans tous ses détails, tant au laboratoire que sur une échelle pratique; mais nous nous sommes bien gardés de faire des publications sur des matières qui présentent des difficultés sans nombre que ne voient que ceux qui les étudient avec le plus grand soin.

Peut-être l'époque n'est pas éloignée à aquelle nous pourrons faire connaître les progrès réalisés par nous dans cette branche d'industrie, à laquelle un grand avenir est sans doute réservé. mais rien ne nous empêche, en attendant, de porter à la connaissance de M. Fontaine et des personnes qui s'intéressent à cette question, que la *Società Elettrometallurgica* a déjà en pleine marche industrielle un de ses établissements près de Gênes, qui traite les sulfures métalliques de cuivre par voie électrolytique, en employant dans ce but dix machines dynamos C_{18} fournies par la maison *Siemens* et *Halske* de Berlin, dont les données sont connues de tout le monde.

La régularité avec laquelle ces machines marchent depuis quelques mois, et la production régulière de *quelques tonnes* de cuivre par semaine, produites par cette méthode, sont des résultats qui non seulement démontrent la possibilité d'un traitement que M. Hippolyte Fontaine conteste d'une façon par trop dogmatique, mais encore nous ont engagés à doubler notre installation, en installant dix nouvelles machines C_{18} déjà en construction chez MM. Siemens et Halske, de Berlin.

En vue de ces faits, et à cause de l'importance de cette branche des applications électriques que votre estimable journal *La Lumière Electrique* suit avec le plus grand intérêt, j'ose espérer, monsieur le Directeur, que voudrez accorder une place à cette lettre dans un de vos prochains numéros, et vous prie d'agréer, etc.

GIRARDO BADIA,
Ingénieur.

Pour mettre nos lecteurs complètement au courant de la question, nous croyons devoir reproduire ci-dessous le passage de l'article de M. Fontaine qui se rapporte aux procédés de M. Marchese. (*Rédaction.*)

« Nous avons lu récemment, dit M. Fontaine, un mémoire de M. Eugène Marchese, ingénieur à Gênes, sur le *travail mécanique consommé dans l'électrolysation de quelques sulfures et sels métalliques*, et nous croyons qu'une erreur grave s'est glissée dans les conclusions de ce mémoire; précisément parce que l'auteur n'a pas tenu compte des conditions spéciales dans lesquelles s'opèrent les phénomènes électrolytiques.

« Partant de ce principe, que le nombre de calories résultant de l'association des composants est celui qu'exigera la dissociation des mêmes éléments primitifs, M. Marchese étabit que le sulfure de cuivre, par exemple, n'exige que 5,1 calories de combinaison par équivalent. Pour dissocier 1 gramme de cuivre, il faudra donc $\frac{5,1 \times 425}{31,7} = 70$ kilogrammètres, et, pour 1^k, 70 000 kilogrammètres. En ramenant ce dépôt à une production horaire, on trouve que pour précipiter 1 kilogramme de cuivre à l'heure, il faut seulement 1/4 de cheval environ, au lieu de 1 cheval 4 exigé, pour la même production, avec l'emploi du sulfate de cuivre.

« L'auteur conseille, en conséquence, de remplacer les sulfates par les sulfures dans le traitement du plomb, du cuivre, du zinc et de l'étain. Il n'y a qu'une chose qui rend, d'après nous, sa méthode absolument impraticable : c'est que les sulfates sont solubles et que les sulfures ne le sont pas. On ne peut pas *industriellement* électrolyser les sulfures de cuivre ni réaliser les économies de force motrice indiquées par M. Marchese. »

FAITS DIVERS

On fait en ce moment des expériences à la Chambre des députés, avec une machine à voter par l'électricité, avec laquelle le député n'aurait qu'à presser un bouton pour donner son vote. Aucune décision n'a été prise, mais le système essayé, qui serait celui de M. Davillé, paraît avoir de fortes chances d'être adopté.

Les journaux quotidiens annoncent la mise en faillite, par le tribunal de commerce, des sociétés suivantes: La Force et Lumière, la French electrical power storage C°, la Metropolitan Electric Company.

La Société belge des électriciens, ainsi que le conseil municipal et l'union syndicale de Bruxelles, s'occupent vivement d'organiser une exposition électrique dans leur ville.

Les journaux anglais se sont beaucoup occupés dernièrement du sort du vaisseau monstre le *Great-Eastern*, qui fut construit pour la pose du premier câble transatlantique, et dont on avait l'intention, pendant quelque temps, de faire un dépôt de charbons à Gibraltar. Selon les dernières nouvelles, le fameux navire va servir à transporter des marchandises et des voyageurs de Liverpool à l'Exposition universelle de la Nouvelle-Orléans au mois d'octobre prochain. Arrivé à sa destination, le *Great-Eastern* sera transformé en hôtel flottant et retournera à la fin de l'Exposition à Liverpool.

Une nouvelle Bourse vient d'être ouverte à New-York sous le nom d'Electric Manufacturing and Miscellaneous Stock-Exchange, destinée aux valeurs non cotées, et plus particulièrement aux actions et obligations des Compagnies de télégraphes, téléphones et lumière électrique. Le capital représenté par ces différentes Sociétés dont le nombre augmente tous les jours est, en effet, déjà assez élevé pour égaler, sinon dépasser celui qui est placé dans les chemins de fer, et peut donc bien prétendre à un marché spécial. La nouvelle Bourse tiendra séance deux fois par jour; ses règlements sont en général analogues à ceux du Stock-Exchange.

On fait en ce moment des expériences très intéressantes au Capitole de Washington avec un enregistreur de vote et compteur électrique pour les Corps législatifs, inventé par MM. Crosby et William, de Boston. On prétend pouvoir, par ce système, prendre les votes de oui et de non de tous les députés en deux minutes.

Selon le rapport du bureau des brevets à Washington les recettes de ce service se sont élevées, pendant l'année 1883 à 5 731 200 francs. Le nombre des demandes a été de 34 576 pour 22 216 brevets délivrés, tandis que 8 874 brevets ont été périmés, et 2 366 retirés par suite de non paiement de la dernière redevance.

Éclairage électrique

Les immeubles que la Société générale immobilière élève en ce moment au quartier Marbeuf, et qui ne forment pas moins d'un groupe de quarante ou cinquante maisons, vont être l'objet d'une innovation intéressante qui marquera dans l'histoire des applications de l'électricité aux usages domestiques.

Sur l'initiative de M. Fouquiau, architecte de la Société, des installations complètes (distribution, compteur, etc.), seront faites à la fois — et à chaque étage — pour le gaz et pour l'électricité.

Les escaliers, cours et dépendances générales des immeubles seront éclairés à l'électricité. Les locataires auront le choix.

Ils pourront adopter l'éclairage électrique, toujours d'après les meilleurs systèmes éprouvés, sans avoir à s'occuper d'aucun détail, pour un prix stipulé d'avance et fort avantageux puisqu'il ne sera pas supérieur à 5 centimes par valeur de carcel et par heure.

Plusieurs Sociétés de lumière électrique vont être invitées à donner leurs conditions pour l'éclairage des Halles centrales.

Un nouveau bureau télégraphique va être prochainement ouvert à Pixiora (Aube).

Les professeurs Thompson, Adams et M. Burk font tous les samedis des expériences à Woolwich avec les lampes de sûreté envoyées à l'occasion du prix de 12,500 fr. offert par M. E. Lever. La commission a déjà examiné de 50 à 60 lampes qui ont été essayées dans toutes les conditions qui pourraient se présenter dans une mine de charbon. Plusieurs membres de la commission royale sur les accidents dans les mines ont également assisté à ces expériences.

L'installation de la lumière électrique au restaurant de Holborn, à Londres, qui a été faite par la Cᵉ Edison a maintenant fonctionné pendant plus d'une année avec beaucoup de succès. Les dynamos sont actionnées par deux machines Head et Jefferies de 16 chevaux qui ont souvent été poussées au delà de leur force garantie sans être endommagées en aucune façon.

Plusieurs entreprises d'électricité ont été invitées à donner des devis pour l'installation de la lumière électrique à bord du vaisseau *le Raleigh*, de la marine anglaise. La corvette *la Bacchante* à Portsmouth, comme *le Conqueror* à Chatham, seront également pourvus d'une installation de lumière électrique.

L'Exposition industrielle qui aura lieu prochainement à Wolverhampton va être éclairée à l'électricité.

La lumière électrique a été introduite dans la fabrique de MM. Martin Sons et Cᵉ, à Lindley, près de Huddersfield, en Angleterre. L'installation comprend une dynamo Crompton-Bürgin et 8 foyers à arc Crompton-Crabber de 14 ampères chaque; une machine du même type et 29 lampes Swan de 20 bougies et à 40 volts servent à l'éclairage des bureaux, et une troisième, avec une lampe à arc Crompton de 28 ampères, éclaire la teinturerie.

Le Bulletin de l'association des ingénieurs de Liège donne les détails suivants sur l'installation de l'éclairage électrique qui fonctionne depuis plusieurs mois sur les berges et à l'embarcadère des charbonnages du Gouffre, à Châtelineau, près de Charleroi.

Les chantiers éclairés présentent une superficie de plus de deux hectares, et comprennent deux quais d'une longueur de 275 mètres le long de la Sambre, qui servent au chargement des wagons. Une machine dynamo Brush alimente six lampes à arc de 2 000 bougies du même système, placées sur des poteaux d'une hauteur de dix mètres, et disposés sur un seul circuit formé par un câble à sept conducteurs. Ces foyers éclairent parfaitement 18 grilles, et donnent en même temps assez de lumière pour les manœuvres des wagons sur toute l'étendue du rivage. La force motrice est fournie par une machine verticale à un cylindre, munie d'un régulateur de vitesse du système Tangye, et faisant 55 tours par minute. Au moyen d'une transmission, la dynamo fait 900 à 950 révolutions par minute. Les frais de cette installation se sont élevés à une somme totale de 5 871 025 fr., et l'éclairage revient à 500 fr. par mois, ce qui représente une économie de 50 °/₀ sur l'ancien éclairage par falots et brasiers, qui montait à 1 000 fr. par mois.

La force du moteur étant beaucoup trop considérable, on se propose de remplacer la dynamo par une autre plus puissante, et d'augmenter le nombre des foyers de six à dix.

Le nouveau palais du Parlement, à Cape-Town, va être éclairé à l'électricité par des lampes à incandescence du système Edison.

La ville de Sedalia, Minnesota, va être entièrement éclairée à l'électricité. Joliet, en Illinois, a déjà 60 foyers électriques, et Sioux Falls 40; à Winona, il y a 20 lampes doubles et 3 de 6 000 bougies. Burlington a 40 foyers, Streator, Illinois, 70; Lansing, Michigan, 40, et Croux, Minnesota, 30. Toutes ces installations ont été faites par la Compagnie Van Depoele.

On annonce que l'Elgin Electrict Light C° a installé plus de 90 tours en Amérique pour la lumière électrique et qu'elle en a envoyé un certain nombre dans l'Amérique du Sud, sur la demande de plusieurs gouvernements; la même Compagnie est en pourparlers pour l'éclairage électrique de quelques villes, en Chine et au Japon, avec leur système.

Télégraphie et Téléphonie

En vue de faciliter les secours à porter aux navires en détresse, la chambre de commerce de Londres vient d'autoriser des expériences tendant à établir des communications électriques entre les bateaux de la côte portant des feux de signaux.

La Chambre de commerce de Londres a passé une résolution en faveur de la formation d'une union télégraphique internationale qui transmettrait les dépêches à un taux peu élevé. Une proposition dans ce sens va probablement être soumise à la prochaine conférence télégraphique par le directeur général des Postes.

Un des câbles entre la Hollande et l'Angleterre a été réparé, ainsi que ceux entre Antigua et Guadeloupe et de Maranham à Para.

Une nouvelle série de timbres postaux et télégraphiques va être mise en circulation en Angleterre, à partir du 1er avril prochain.

On estime à 412 900 francs l'augmentation des bénéfices du département des télégraphes en Angleterre sur l'année précédente, tandis qu'en France les recettes des télégraphes sont de 303 700 francs en dessous des prévisions du budget pour les deux premiers mois de l'année.

La Western Union Telegraph C°, à San Francisco, vient de modifier son tarif pour la transmission des dépêches télégraphiques, de sorte que le prix maximum de et entre les stations de la côte du Pacifique, et celles à l'est du Missouri, sera de 1 dollar au lieu de 1 dollar 50. Par contre, il n'y aura plus de réduction de prix pour les dépêches de nuit comme auparavant. La transmission des télégrammes dont le prix s'élevait à 30 ou 40 cents sera réduite à 25 cents, et le tarif de 50 cents sera réduit dans la même proportion, tandis que celui de 75 cents en sera fixé à 60.

Il est probable, disent les journaux de San Francisco, qu'une nouvelle réduction de prix aura lieu avant la fin de l'année.

Le Comité du télégraphe de la police et des avertisseurs d'incendie de la ville de Philadelphie s'est décidé à recommander au conseil municipal de révoquer l'ordonnance qui règle l'impôt à payer sur les fils souterrains et aériens et de la modifier de sorte qu'il sera payé à la ville une redevance annuelle de 100 fr. par mille sur tous les tubes et tuyaux pour les conducteurs électriques dont le diamètre ne dépasse pas 2 1/2 pouces; pour ceux qui ne dépassent pas 6 pouces, la redevance sera de 200 fr., et au delà de 12 pouces de 400 fr. par mille; tout ce qui excèdera 12 pouces paiera à raison de 625 fr. par an et par mille.

On propose de compléter les lignes de câbles existants dans le golfe de Perse par une extension de la ligne de terre vers l'ouest du cap Jask à Shirag en passant par Jahrum et Fara une distance de 400 milles. On gagnerait ainsi 400 milles de lignes de terre au lieu d'avoir un câble très coûteux de 500 milles et 200 milles de plus entre Bushire et Shirag. Ce projet donnerait une communication complète par terre entre l'Angleterre et l'Inde à l'exception du passage à Douvres, ce qui serait une grande économie.

Un constructeur américain de lignes télégraphiques a déclaré dernièrement devant un comité du Sénat, à Washington, que les frais d'une ligne sur poteaux ne dépassent pas 375 francs par mille pour un seul fil, et 525 francs pour deux.

Le 2 de ce mois, vingt-quatre employés du télégraphe, à Galveston (Texas) se sont mis en grève, demandant une augmentation de salaire.

Les journaux d'Australie se plaignent des nombreuses interruptions des lignes télégraphiques entre Albany et Adélaïde.

Une communication téléphonique va être établie par le gouvernement allemand entre les villes de Hambourg et Lubeck.

Une ligne télégraphique vient d'être ouverte entre Jicotan, Catl, Pampico et Vera Cruz.

En Amérique, presque toutes les grandes institutions de crédit, comme la plupart des maisons de commerce considérables font garder leurs bureaux la nuit par un homme spécial depuis la sortie des employés jusqu'au lendemain matin. Le bureau central des téléphones se constitue le surveillant de ces gardiens qui sont obligés, de 7 heures du soir à 6 heures du matin, de communiquer avec l'employé de la C° toutes les demi-heures. Si le rapport n'est pas fait à l'heure convenue, un homme est envoyé de suite pour en savoir la cause, et si celui-ci n'obtient pas de réponse du gardien, il fait ouvrir la banque par les autorités.

Les quatre nouveaux systèmes de canalisation souterraine des fils téléphoniques essayés à Boston n'ont pas donné des résultats très satisfaisants jusqu'ici. Les câbles n'ont pas 300 mètres de longueur et néanmoins l'induction se fait tellement sentir que la communication téléphonique du fil aérien entre Boston et la ville de Providence est plus facile que celle dans Boston même par ces câbles. La Compagnie continue néanmoins d'essayer tout nouveau système qui présente des probabilités de succès.

Un ouragan a brisé dernièrement 900 des fils de la Compagnie des téléphones à Boston, mais tous les câbles sont restés intacts. Pour comble de malheur, il faisait si froid le lendemain du désastre que les ouvriers n'ont presque rien pu faire pour réparer les dégâts sur les toits.

Le Gérant : A. Noaillon.

Paris. — Imprimerie P. Mouillot, 13, quai Voltaire. — 46816

TABLE DES NOMS D'AUTEURS

Pages

A

Abdank Abakanowicz. — Lampe. 479
— Téléphone Drawbaugh. 523
Allen. — Système d'accouplement des fils continus. 123
Alteneck (V. Hefner). — Conférence sur le marégraphe électrique. 350
Antolik. — Les figures électriques. 310
Angot (A.). — Les orages dans la Haute-Italie. . . 77
Appell et **Chervet.** — Distribution du potentiel une masse liquide. 491
Archereau. — Régulateur 170
Argy (d'). — Microphone 518
Armington. — Machine à vapeur 563
Arnould et **Tamine** — Accumulateur. 488
Ayrton et **Perry.** — Les boites de contact des chemins de fer électriques. 342
— Ampèremètres et voltmètres 374
— Une clef sans étincelles. 447

B

Badia (Girardo). — Lettre sur l'électrolyse. 578
Banovitz. — Disque. 191
Barker. — Extraction des minerais d'or et d'argent par l'action combinée de l'électricité et du mercure. 255
Barrier et **Tourvielle.** — Accumulateur. 488
Berly (J.-A.). — Annuaire et avertisseur électrique universel. — Bibliographie. 497
Berthelot. — Loi de Faraday. 330
Binks. — Lampe. 203
Blake. — Téléphone. 518
Bonelli. — Tissage électrique. 142
Bœttcher. — Téléphone. 518
Boudet de Pâris. — Pont différentiel et condensateur médical. 518
Bourne (John). — Machine à vapeur. 570
Bouty (E.). — Conductibilité des dissolutions salines très étendues. 293-489
Bright (E.). — Avertisseurs d'incendie 374
Bright (Ch.). — Machine dynamo. 550
Browne (F.). — Les travaux de F. Salva. 248, 286 et 316

Pages

Brush. — Lampe 453
Buguet. — Action de 2 parties d'un même courant. 577
Burgin. — Machine à courants continus. 443
— Sa machine perfectionnée par Crompton. . 550

C

Cabella. — Sa machine 550
Cardani. — Sur quelques figures obtenues par l'électrolyse. 114
Carey-Foster. — La distance des étincelles dans l'air. 447
Carpentier. — Galvanomètre à miroir. 325
— Mesure des résistances 365
— Disposition téléphonique. 575
Chapman. — Lampe. 204
Chapuis (V. Hautefeuille.)
Chertemps. — Machine alternative. 393
Christiani. — Poste télégraphique à bord des feux flottants. 374
Clausius (R.). — Théorie des machines dynamo. 224-273
— Théorie du transport de la force. 510
Clemenceau (P.). — Eclairage électrique du parc Monceau. 74
— Répartition de la lumière dans l'éclairage électrique 149-244
— L'éclairage électrique dans les magasins de Paris 197
— Machine multipolaire de Gramme. 271
— Eclairage électrique des galeries de peinture 320
— Eclairage électrique du Crédit Lyonnais. . 362
— Eclairage électrique des usines et maisons particulières. 506
— Des fils de bronze silicieux dans les transmissions électriques. 391
— L'éclairage électrique. 462
Clerc. — Ampèremètre. 288
Clostermann. — Lampe. 479
Colombo. — Eclairage électrique de la Scala à Milan 116
Cossmann. — Application de l'électricité à la manœuvre des signaux de chemins de fer. 105. 155, 190, 230 et 283
Crane. — Avertisseur d'incendie. 386
Crompton. — Perfectionnements à la machine Bürgin 550
Crompton et **Kapp.** — Indicateurs d'intensité et de potentiel 291-403
Cruto. — Lampe à incandescence. 207

Pages

D

Decharme. — Expériences de M. Cardani sur quelques figures obtenues au moyen de l'électrolyse. 114
— Orage à Amiens.. 551
Deprez (Marcel). — Transport et distribution de l'énergie par l'électricité 7-46
— Mesureur d'énergie Siemens. 223
— Instruments de mesures électriques. 462
Deprez-Carpentier. — Ampèremètre 288
Des Portes. — Application du téléphone aux scaphandres. 378
Drawbaugh. — Invention du téléphone. 406-523
Dvorak. — L'électro-acoustique 492

E

Ebel (D.). — Galvanomètre à miroir « dead beat ». . 406
Edison. — Lampe à incandescence. 181-450
— Distribution électrique. 261
Egger et **Kremenesky**. — Ampèremètre. 288
— Machine à courants continus. 442
— Lampe. 484
Elphinstone et **Vincent**. — Machine à courants continus.. 444
Elsasser. — Communications téléphoniques 213

F

Fein. — Machine à courants continus. 445
— Ampèremètre. 291
Fenby. — Machine à vapeur. 567
Ferat. — Lettre sur les orgues électriques. 337
Ferrini. — Récents progrès des applications de l'électricité. — Bibliographie 496
Fleeming Jenkin, Ayrton et **Perry**. — Le telpherage 126
Forbes. — Une montre magnétisée 447
— Machine dynamo. 550

G

Gand. — Tissage électrique 145
Ganz-Zipernowski. — Machine alternative 393
Garbe. — Sur la loi de Joule. 490
Gaulard. — Lettre à M. Geraldy 136
Gaulard et **Gibbs**. — Distribution d'énergie 431
General Engine and Boiler C°. — Machines à vapeur. 570
Geraldy (F.). — Transport électrique de la force, système Deprez. 46
— Le telpherage de MM. Fleeming, Ayrton et Perry 126
— Les machines dynamo de Sir W. Thomson 307
— La direction des courants dans un circuit fermé passant devant un pôle magnétique. 501-553

Pages

Gerard. Machine à courants continus. 445
— Lampe. 485
Giltay. — Téléphonographe. 575
« **Le Giorno** » **Journal**. — L'électricité et ses applications. — Bibliographie. 497
Gœtz. — Lampe à incandescence Cruto. 207
Goloubitzky. — Téléphones. 518
Gramme. — Machine multipolaire 271
— Machine à courants continus. 436
— Son armature comparée à celle de Pacinotti. 545
Gravier. — Lampe. 482
Guerout (Aug.). — La Lampe-Soleil. 93
— L'éclairage électrique. 162-202
— Revue de l'Exposition de Vienne. 239, 288, 323, 365, 393, 436, 479 et 516
— Progrès des machines dynamo. Conférence de M. S.-P. Thompson. 541

H

Hattemer. — Disque 235
Hautefeuille et **Chapuis**. — Action des effluves électriques sur l'oxygène et l'azote en présence du chlore. 576
Hefner-Alteneck (Von). — Conférence sur le marégraphe électrique 350
— Éclairage à Berlin. 533
Herotizky. — Horloge électrique 453
Hertz. — Pouvoir isolant et résidus électriques de la benzine. 134
Herz. — Aux lecteurs 3
— Le comte Th. du Moncel. 381
Hipp. — Disque 230
Hochausen. — Sa machine 547
Hohenegger. — Sémaphore 155
Holmes et **Burke**. — Pile 174
Hughes. — Balance magnétique . . . . 132, 372 et 575
— Recherches sur le magnétisme. 526

I

Ide. — Machine à vapeur. 571
Isenbeck. — Analyse de ses recherches, par M. S.-P. Thompson 542
Izarn. — Répulsion de deux parties consécutives d'un même courant. 292

J

Jablochkoff. — Éclairage électrique du parc Monceau 74
Jarriant. — Accumulateurs 279

K

Kalischer. — La condensation de la vapeur d'eau est-elle une source d'électricité ?. 177
Kapp et **Crompton**. — Ampèremètre 291

Pages

Kendall. — Production de l'électricité. 405
Kern (O.). — Machine à voter de M. Saint-Ange-Davillé. 354
— La distribution Gaulard et Gibbs 431
Kæmpfer. — Le tourniquet électrique comme instrument de mesure. 174
Kolrausch. — Galvanomètre des tangentes. 333
— Mesure des résistances. 365
Kornblüh. — Accumulateurs 489
Krizik. — Disque 191
Krotlinger. — Machine à courants continus 445
Kundt. — Méthode pour étudier l'électrisation des cristaux 135

L

Lamberg. — Lampe. 483
Langié. — Disque. 191
Larroque. — Les courants telluriques 176-256-327
Lartigue. — Disque. 283
Lechne et **Lerksch.** — Le thermographe avertisseur d'incendie et des changements de température 406
Lemolt. — Lampe. 202
Leopolder. — Disque. 108
Lephay. — L'électricité atmosphérique du cap Horn 456
Lever. — Machine dynamo. 556
Lippmann. — Chauffage des édifices au moyen de la force motrice et du courant électrique 421
Ludewig. — Les courants telluriques 215

M

Macé de Lépinay. — Comparaison photométrique de sources usuelles diversement colorées. 295
Mach. — L'électricité statique 409
Marcillac. — Enregistreur du travail des piles. 327-536
Marinowitch. — Conférence de M. V.-H. Alteneck sur le marégraphe électrique 250
Mascart. — Action réciproque de deux sphères électrisées 329
— Appareils pour l'étude du magnétisme terrestre. 367
Maumené. — Tissage électrique 144
May. — Indicateur des niveaux électriques 212
Melsons. — Mode d'action de ses paratonnerres . . 175
Minet (Ad.) — Force électromotrice et résistance intérieure des piles. 269
— Graduation des galvanomètres et résistance intérieure des piles 504
Moncel (Th. du). — Progrès de la science électrique en 1883 4-101
— Le tissage électrique 141
— Fabrication des lampes à incandescence à filaments de charbon 181
— Appareil électrique pour la lecture des aveugles 221
— Distribution électrique Edison. 261
— Les mines électriques. 301
— Nécrologie 381
Mordey. — Machine *Victoria* 548
Muller. — Lampe. 452
Munro (J.). — Chronique de l'étranger. 372, 403, 446 et 526

N

Noaillon. — Mesure de la force électromotrice dans les couples polarisables 186
— Les accumulateurs Jarriant 279

P

Pacinotti. — Son armature comparée à celle de Gramme 545
Palmieri (Luigi). — L'électricité atmosphérique. — Bibliographie. 496
Pascal et **Mathieu.** — Tissage étectrique 145
Perenyi. — Calcul des conducteurs pour courants intenses 529
Petronel. — Fusil électrique. 179
Pfannkuche. — Mesure des intensités magnétiques 367
Piette et **Krizik.** — Ampèremètre 292
— Lampe. 485
Planté (Gaston). — Accumulateurs 70-487
Pope et **Hendrickson.** — Disque 283
Popper. — Principes physiques du transport de la force. — Bibliographie 406
Porter-Allen. — Machine. 465
Preece et **Langdon.** — Système d'accouplement des freins continus. 123
Puydt (A. de). — Lampe électrique 211

R

Rayleigh (Lord). — Équivalent électrochimique de l'argent. 528
— Force électromotrice de l'étalon Clark. . . 529
— Mesure des courants électriques. 573
Rebicek (Noé). — Pile thermo-électrique 296
Recordon. — Électrolecteur 221
Redier. — Enregistreur du travail des piles. 327
Regis. — Tissage électrique 447
Reinich. — Loi de Joule. 332
Reverend. — Annuaire de l'électricité. — Bibliographie. 496
Reynier (E.). — Variations de la force électromotrice des accumulateurs. 336
Richard (G.). — Utilisation des accouplements des freins continus pour l'établissement de l'intercommunication électrique entre les voitures d'un train 123
— Intégrateurs électriques. 171
— Éclairage électrique des trains au London Brighton Railway. 266
— Les boîtes de contact de chemins de fer électriques 342
— Avertisseur d'incendie Crane. 386
— Les machines à vapeur rapides. 386, 426, 465 et 563
Rikli. — Disque à pendule 283
Robb. — Force électromotrice du zinc et du cadmium amalgamés. 252
Roberts. — Lampe 202
Rommel. — Disque 230
Rothe (H. de). — Les ombres électriques. 423

Pages

S

Saint-Ange Davillé. — Machine à voter. 354
Salva (F.). — L'électricité appliquée à la télégraphie 248, 286 et 316
Sartiaux (E.). — Horloge électrique 91
— Disque de correspondance 237
— Les chemins de fer à l'Exposition de Vienne 556
Schæfer et **Montanus.** — Sonnerie électrique à action lente 407
— Indicateur pour bureaux téléphoniques. . . 408
Scheel. — Gouvernail de contrôle pour les torpilles 217
Schœffler. — Signaux 155-191
Schœnbach. — Disque. 168
Schuckert. — Machine à courants continus. 438
Schuckert-Mordey. — Machine *Victoria* 548
Schwerd et **Scharnweber.** — Machine à courants continus 445
Serpieri. — Le potentiel électrique. — Bibliog. . . 496
Serrin. — Lampe. 205
Shelford Bidwell. — Phénomène de Hall. 455
Siemens. — Électricité solaire. 135
— Mesureur d'énergie 223
— Mesure des résistances 366
— Machine à courants continus 444
Siemens et **Halske.** — Mesureur d'énergie. 292
— Boussole des sinus et des tangentes 323
— Lampe. 453
Skrivanow. — Pile. 331
Slater et **Watson.** — Lampe 202
Smillie. — Induction sur les circuits téléphoniques 448
Staite (W.-E.). — Lampe 166
Stein. — La lumière appliquée aux sciences naturelles. — Bibliog 497
Sweet. — Machine à vapeur. 565
Swan. — Lampe 452
Szarvady. — Éclairage électrique de l'Hôtel de Ville de Paris 118

T

Taptikoff. — Commutateur pour bobines d'induction. 535
Teirich. — Disque. 108
Thomson (W.). — Intégrateurs électriques 171
— Les machines dynamo. 307
Thompson (S.-P.). — Bobines de résistance 446
— Pont de Wheatstone à mètre divisé. 446
— Progrès des machines dynamo-électriques . 541
— Sa machine dynamo 550

Pages

Tissandier (G.). — Aérostat électrique à hélice . . 84
Tommasi. — Thermo-avertisseur. 207
Tripier (A.). — L'électricité en médecine. 305, 357, 397 433 et 475

U

Uppenborn. — Mesure des intensités magnétiques 366
— Ampèremètre et voltmètre. 291

V

Valerius. — Mode d'action des paratonnerres Melsens. 175
Vallet. — Machine à vapeur. 572
Vivarez. — Fils de bronze silicieux dans les transmissions électriques 391

W

Waltenhofen. — Pile thermo-électrique 175-296
Warral-Elwell. — Machine à vapeur. 572
Way. — Lampe. 205
Weber. — Variations de la résistance dans un fil librement tendu. 130
Welch. — Machine à vapeur. 568
Weyrich. — Disque. 108
Wiedemann. — Traité d'électricité. — Bibliog. . . 496
— Relation entre la résistance électrique des liquides et leur coefficient de frottement intérieur 177
Wild. — Méthode pour déterminer l'inclinaison magnétique avec la boussole à induction. 253
Winbauer. — Horloge électrique. 91
Wright. — Force électromotrice des piles. 373
Wurtz. — Lois de Faraday et de Bouty. 330-409

Z

Zetzsche. — Communications téléphoniques. 448
Zipernowsky. — Lampe. 482

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME XI

Pages

A

Accumulateurs Jarriant. — *H. Noaillon* 279
— Planté. 487
— Arnould et Tamine 487
— Barrier et Tourvielle. 487
— Kornblüh 487
— (leur disposition et formation). — *G. Planté* 70
— (leur force électromotrice). — *E. Reynier.* 336
Action réciproque de deux sphères électrisées. — *Mascart*. 329
Aérostat électrique. — *G. Tissandier*. 84
Ampèremètre Deprez-Carpentier. 288
— Kapp et Crompton 288
— Egger et Kremenesky. 288
— Clerc 288
— Piette et Krizik 288
— ou ammètre Ayrton et Perry 374
Anneau Gramme. 545
— Pacinotti.. 545
Argent (son équivalent électrochimique) 528
Avertisseur électrique pour chaudières à vapeur. 297
Avertisseurs d'incendie. — *E. Bright* 374
— de M. Crane. — *G. Richard* 386
Aveugles (appareil Bourdon pour la lecture des). — *Th. du Moncel* 221

B

Balance magnétique. — *Hughes* 132-372
Bibliographie : Traité d'électricité, Wiedemann; progrès des applications de l'électricité, Ferrini; principes du transport de la force, J. Popper; le potentiel électrique, Serpieri; l'électricité atmosphérique, Palmieri; la lumière appliquée aux sciences naturelles, Stein; l'électricité et ses applications, annuaire du *Giorno;* Annuaire de l'électricité, A. Réverend; Annuaire électrique universel, Berly. 496
Bobines de résistance étalons. 574

Pages

Boussole des sinus et des tangentes de Siemens et Halske 323
— de Thomson 323
Bronze silicieux (fils de) dans les transmissions électriques. — *P. Clemenceau*. 391

C

Chauffage des édifices au moyen de la force motrice et du courant électrique. — *G. Lippmann*. 421
Chemins de fer (application de l'électricité aux) à l'Exposition de Vienne 556
Voir signaux, disques, sémaphores, éclairages des trains.
Chemins de fer électriques (boîtes de contact d'Ayrton et Perry pour). — *G. Richard* 342
Chronique de l'étranger (Angleterre). — *J. Munro* 372, 403, 446, 526 et 573
Clef sans étincelles. — *Ayrton et Perry* 447
Cloche vibrant électriquement 448
Communications téléphoniques. — *Elsasser* . . 213
Commutateur sans étincelles. — *Ayrton et Perry.* 447
— Pour bobines Ruhmkorff. 535
Condensation de la vapeur d'eau comme source d'électricité. — *Kalischer* 177
Condensateur médical de Boudet de Pâris. 522
Conducteurs (Leur calcul pour les forts courants). 529
Conductibilité des solutions salines étendues. — *E. Bouty*. 293-489
Correspondance : Lettre de M. Gaulard à M. Geraldy 136
— Lettre de M. Marcillac 178
— Lettre de M. Juppart sur l'éclairage des magasins du Printemps 298
— Lettre de M. Girardo Badia sur l'électrolyse. 578
— Lettre de M. Ferat sur les orgues électriques 337
Courant (chauffage d'un édifice au moyen du). — *G. Lippmann* 421
— (répulsion de deux parties d'un). — *Izarn* . 292
— *Buguet* 577
Courants (direction des) dans un circuit fermé. — *F. Geraldy* 501-553

Pages

Ccurants. Leur mesure. — *Lord Rayleigh* 573
Courants telluriques. — *F. Larroque* 176, 256 et 327
— *Ludewig* 215

D

Distribution électrique Edison. 216
— et transport de l'énergie. — *M. Deprez*. . . 7
— Gaulard et Gibbs 136-431
Disque de chemins de fer Banowitz 191
— Hattemer 230
— Hipp 230
— Krizik 191
— Langié 191
— Leopolder 108
— Lartigue 283
— Pope et Hendrickson 283
— Rommel 230
— à pendule de Rikli. 283
— E. Sartiaux 230
— Schæffler 191
— Schœnbach 108
— Teirich 108
— Weyrich 108

E

Éclairage électrique (Voir aussi Lumière électrique).
— du parc Monceaux. — *P. Clemenceau* . . . 94
— de la Scala à Milan. — *G. Colombo*. 116
— de l'Hôtel de Ville de Paris. — *G. Szarvady* 118
— dans les magasins de Paris. — *P. Clemenceau* 197
— au London Brighton Railway. — *G. Richard*. 266
— des galeries de peinture. — *P. Clemenceau* 320
— du Crédit Lyonnais. — *P. Clemenceau* . . 362
— (ses premiers pas). — *A. Guerout* . . . 162-202
— en Angleterre. — *J. Munro* 405
— (l'). — *P. Clemenceau* 462
— et gaz 253
— Des maisons particulières et usines. — *P. Clemenceau*. 507
— Des trains de chemins de fer. 574
— A Berlin. — *V. Hefner Alteneck*. 533
Effluve électrique. — Son action sur l'oxygène, l'azote et le chlore. — *Hautefeuille* et *Chapuis*. 576
Électricité atmosphérique au cap Horn. — *Lephay* 456
— Les orages dans la Haute-Italie. — *A. Angot* 77
Électricité solaire. — *Werner Siemens* 135
— en médecine. — *A. Tripier*. 305, 357, 397, 433 et 475
— (nouveau mode de production de l'). — *A. Kendall* 405
Électricité statique (conférence sur l'). — *Mach* . . 409
Électrisation des cristaux. — *A. Kundt* 135
Électro-acoustiques (expériences) de Dvorak. . . 492
Electrochimique (équivalent) de l'argent. 528
Électrolecteur Recordon. — *Th. du Moncel*. . . . 221
Électrolyse (expériences de M. Cardani). — *C. Decharme*. 114

Pages

Electrométallurgie de l'or et de l'argent. — *R. Barker* 255
— Lettre de M. Badia. 578
Electromotrice (force). — Voyez *Force*.
Électrostatique (action réciproque des deux sphères électrisées). — *Mascart* 329
Énergie (mesureur d'). — *Siemens*. 223-292
Enregistreur du travail des piles. — *Redier*. 327
— — — *Marcillac*. . 327-536
Equivalent électrochimique de l'argent. 528
Étincelles (leur distance explosive dans l'air). — *Carey-Foster* 447
Exposition de Vienne (Revue de l'). — *A. Guerout* 239, 288, 323, 365, 393, 436, 479 et 516
— *E. Sartiaux* 556
Extraction des minerais d'or et d'argent. — *R. Barker* 255

F

Faits divers :

Allumage électrique du gaz à Milan. 218
Ascenseur électrique à New-York 498
Association Britannique à Montréal. 497
Avertisseurs électriques d'incendie Charpentier au ministère des finances. 136
— à New-York 257
— à Philadelphie 580
Bourse électrique à New-York 579
Brevets en Amérique 419-579
Câbles sous-marins dans l'Asie orientale. 139
— entre l'Australie et San-Francisco. 340
— entre Antigua et la Guadeloupe 500
— entre l'Angleterre, la Belgique et la Hollande 500
— entre Cadix et les Canaries 139-220
— entre Cuba et l'Espagne 220
— entre la Cochinchine et le Tonkin. 220, 340 et 379
— entre la Crète et la Syrie. 379
— entre Falmouth et Bilbao 379-459
— de Block-Island 539
— entre Newport et Jamestown 580
— entre la Hollande et l'Angleterre. 580
— entre Antigua et la Guadeloupe 580
— entre Maranham et Para 580
— entre la France, les Etats-Unis et l'Allemagne 459
— entre la France et Jersey 500
— entre la France et la Hollande. 539
— du golfe Persique. 580
— entre l'Irlande et Terre-Neuve. 380
— du Mississipi 259
— entre le cap Saint-Jacques et Haïphong . . 139
— entre New-York et Londres 380
— entre Nouméa et l'île Amédée 220
— de Souakim. 300
— Bennett-Mackay . . . . . 180, 339, 459 et 539
— (statistique des). 339-459
— (entretien des) 339
— convention pour leur protection. 538
— interrompus. 539
Câbles souterrains (statistique des). 220
— à New-York 539
— à Washington 539
— à Pittsburg. 540
— à Boston 580

Pages

Chemins de fer (appareil pour contrôler la vitesse des trains de). 257
Chemin de fer électrique à Montreux 137-257
— à Londres. 178
— de M. Danchell, de Londres 218
— de M. Volk, à Brighton 458-497
— de l'Exposition de Tunis . . . . . .
— de Vienne. 498
— de M. Lartigue 459
— (locomotive) de M. Daft 419
— proposé à New-York. 537
Compagnie électrotechnique de Saint-Pétersbourg . . 138
Eclairage électrique à Abbeville. 136
— en Australie. 339-459
— en Belgique. 498
— à Berlin 339-538
— à Biarritz. 137-257
— à Boston 339
— à Bruxelles 339
— à Buffalo 500
— à Cannes 178
— à Chesterfield 538
— à Colonia 500
— à Dayton 300
— à Davenport 500
— à Saint-Etienne. 136
— à Eric 500
— à Evansville (système Brush). 219
— à Glascow 299-339
— à Halifax (système Hochausen) 179
— à Haverville 538
— en Italie. 458
— aux Indes. 139
— à Java. 459
— à Yokohama 180
— à Kimberley 300
— à Leeds 538
— à Liverpool 299-339
— à Londres. . . . . 138, 257, 338 et 420
— à Los Angelos. 538
— à Logansport 500
— à Manchester (indienneries) 258
— à Milan 299
— à Montreux. 137
— à Nantes 179
— à Naples 258
— à New-York 538
— à Nice. 137
— en Pensylvanie. 459
— à Saint-Pétersbourg. 299
— à Shanghaï. 538
— à San-Francisco. 538
— à Sedalia 580
— à Roubaix. 257
— à Saratow 218-299
— à Sazinaw 500
— en Silésie 498
— en Tartarie 180
Eclairage électrique avec la Lampe-Soleil, à Angers. 137
— — à Londres 179
— — aux ateliers de Saint-Etienne 458
— lampe Swan, en Angleterre. 138
— — à la banque d'Angleterre, à Londres. 458
— lampe Maxim, dans les forges de Congreaves. 458
— lampe Brush, à Pittsburg. 459
— — à Savannah. — Georgia . . . 459
— — à Chevenne 498

Pages

Eclairage électrique avec les lampes électriques à conducteurs aériens 219
— lampe Bürgin, à Sowerby 138
— lampe Pilsen, à Ringwood 138
— lampe Edison, à l'Exposition de Louisville. 138
— — pour la pêche. 139
— — à Bruxelles. . . 179, 218 et 420
— — à Boston. 219
— — à Berlin 458
— lampe Crompton-Crabbe, à Bradford 498
Eclairage électrique de l'Opéra 136
— du New Royalty Theatre. à Chester 179
— des théâtres de Birmingham 179
— du théâtre national de Prague 179
— du Gaiety Theatre, à Jascow. 218
— du Drury-Lane Theatre, à Londres 257
— à l'opéra de Vienne. 258-458
— du panaroma de la bataille de Sedan, à Berlin 258
— des théâtres, à Chicago 339
— du théâtre royal, à Montréal. 339
— du théâtre de Francfort. 379
— du Crystal-Palace, à Londres 420
— au théâtre de la Cour, à Stuttgard 499
— de la Scala, à Milan 499
— du Theâtre royal, à Madrid 499
— du Casino mercantil, à Madrid 500
— du Princess Theatre, à Melbourne. 500
— au théâtre d'Anvers. 538
— de la gare de Paddington. 537
— du viaduc d'Holborn 537
— des mines de Magny. 538
— dans les immeubles du quartier Marbœuf. 579
— des Halles centrales. 579
— au restaurant Holborn, à Londres. 579
— à l'Exposition de Wolverhampton 579
— dans une fabrique à Huddersfield. 579
— aux charbonnages du Gouffre, à Charleroi. 579
— au Parlement de Cape-Town. 579
— (tours pour l') 580
— du phare de South Foreland. 218
— du phare de l'île de Razza 218-500
— des phares de la Conche et du Touquet . . 298
— du phare de Hell-Gate (Etats-Unis) 459
— des phares de Douvres 498
— des phares (Laboratoire à Fourkensville pour l') 219
— des écluses de la Scarpe 298
— de la place du Carrousel 136
— du musée de Porthshire. 179
— au château de M. Lever, en Angleterre . . . 179
— du Palais-Royal, à Bucharest. 259
— de l'Hôtel-Royal, à Londres 298
— du château de A. de Rothschild, à Halton-House 299
— du château de M. J.-W. Weston. — Système Swan 299
— des arsenaux royaux de Ferrol, Carthagène et Carraca. 299
— du musée de Washington. 300
— de la fabrique de poudre Wakefield et C°. 299
— de la fabrique Morewood, à Llanelly. . . . 299
— de l'usine Brotherhood. — Lampes Edison et Swan 378
— des moulins à blé de Reynolds, à Wakefield. 420
— de l'Exposition des Beaux-Arts, à Cardiff. . 420
— de la sucrerie Holzer 498
— d'une sucrerie à Limbourg. 538
— de sucreries en Allemagne 538
— de l'église de Bournemouth. 179
— de la cathédrale d'Isaac, à St-Pétersbourg. 498

Pages

Eclairage électrique d'un train de chemin de fer à Londres . . . . . 179, 218, 298 et 537
— — à Chicago. 259
— du souterrain Krausgrotte, en Autriche. . . 499
— des docks de Silloth 179
— des docks de la Mersey. 258
— du journal l'*Irish Times* 339
— — l'*Argus*, Melbourne 339
— — le *Gil Blas* 333
— — *La Gaceta de Colonia* 500
— — *Le Brisbane Courier*. 500
Eclairage électrique à bord des steamers *Dacia* et *International* 138
— du *Monadnock* 138
— du *Trenton*, système Mangin 139
— du *Le Tarra*, système Siemens. 257
— du paquebot *Adelaïde*. 258
— du *Sirio*, système Edison. 259
— du vapeur *Manoos*. 379
— de l'*Elbe* 379
— du transport militaire anglais le *Crocodile*.. 458
— du paquebot *Massilia* 458
— du *Santa-Rosa* 500
— du *Sirio* 499
— du *Perseo*. 499
— de l'*Orione* 499
— de *Erzherzog-Albrecht*. 498
— de l'*Oregon* 498
— du *Colossus* 538
— du *Cahors* 538
— du *Raleigh*. 579
— de la *Bacchante* 579
— du *Conqueror* 579
Exposition de Nice 178
— à Bruxelles. 579
— internationale d'électricité de Philadelphie. 217, 257 et 378
— industrielle et d'électricité de Tœplitz. . . . 338
— de Steyr. 458
— de Turin 498
Faillite de la Société *Force et Lumière*, etc 578
Great-Eastern. — Sa destination. 579
Gutta-percha. — Sa production menacée. 538
Incendie de l'usine de la Brush Electric Light C°, à Rochester 537
Lampes à incandescence Maxim, leur durée. 537
Lampes électriques de sûreté. 579
Lignes aériennes. — Leur prix de revient 580
Lignes souterraines à Chicago et Washington 537
Lignes télégraphiques (interruption des) 339
— interruptions entre Albany et Adélaïde. . . 580
— à Boston 580
— entre Xicotan, Cati, Tampico et Vera Cruz 580
Lignes téléphoniques (leur extension). 140
Lumière électrique au point de vue médical 219
Machine à voter à la Chambre 578
— à Washington 579
Mines de Carola, en Saxe (leur ventilation électrique). 419
Perturbations atmosphériques à New-York. 498
Pile de M. J. Fuller. 218
Ponts volants électriques pour canons. 218
Postes et télégraphes au Chili. 539
Procès téléphonique Bell et Edison. 180-340
Protecteur télégraphique ou téléphonique Smith. . . . 259
Tannage par l'électricité 178
Télégraphes (recettes des) en Angleterre. 580
Télégraphie en Allemagne . . . . . 180, 220, 300 et 380
— en Angleterre . . . . . 300, 420 et 459
— en Belgique 139-160

Pages

Télégraphie au Canada. 380
— au Cap 420
— en Chine 539
— en Espagne. 380
— aux Etats-Unis (grève des télégraphistes). . 460
— (nombre de manipulateurs) 539
— au Japon 259
— souterraine, à New-York 140-378
— en Pensylvanie. 220
— dans la République Argentine. 539
— en Russie. 380
— à Strasbourg 300
— au Turkestan. 140
— à Zurich. 460
— à Washington 460
Télégraphique (bureau) à Pixiora. 579
— union 580
Téléphone. — Son invention 540
— comme surveillant des rondes de nuit . . . 580
Téléphonie en Allemagne 300-380
— en Angleterre 460
— à Bâle. 140
— à Barcelone 460
— en Belgique . . . . . 220, 260, 540 et 340
— entre Berlin et Magdebourg 140
— à Boston 540
— à Cannes 180
— à Calcutta 460
— à Caracas. 340
— à Chicago. 260
— à Colombo (Ceylan) 260
— à Douvres. 140
— à Dublin. 380
— en Ecosse. 380
— en Espagne. 140
— aux Etats-Unis (fils aériens) 220-260
— à Florence. 140-260
— en Hollande 220
— en Italie. 460
— au Japon 300
— au Mexique. 260
— à Mulhouse. 260
— à Paris 140
— à Saint-Pétersbourg 460
— — (auditions théâtrales) . . 140
— en Pensylvanie . . . . . 140, 220, 260 et 500
— à Rome 460
— entre Hambourg et Lubeck. 580
— au Hall électrique 539
— à Francfort. 540
— entre New-York et Boston. 540
— à Naples 539
— à Munich 539
— à Rio-Janeiro. 540
— à San-Domingo 540
— à Stockholm 539
— à San-Francisco. . . . . 540 et 580
— à Terre-Haute 540
— au pays des Mormons. 540
— (Procès Bell et Edison) 180-340
— sur les bateaux garde-côtes 580
Téléphonique (statistique). 259
— (Incendie à Boston du bureau). 340
— (audition) à Lisbonne. 540
— (câble) en Danemark 540
— communication à grande distance. 540
Timbres postaux et télégraphiques en Angleterre. . . 580

Pages

Figures électriques. — *Antolik*. 310
Fils de bronze silicieux dans les transmissions électriques. — *P. Clemenceau*. 391
Force électromotrice (Sa mesure dans les couples polarisables). — *H. Noaillon*. . . . 186
— du zinc et du cadmium amalgamés. — *W. Robb*. 252
— des accumulateurs. — *E. Reynier*. 336
— et résistance intérieure des piles. — *Ad. Minet*. 269
— des piles. — *Dr Wright* 373
— de l'étalon Clark 529
Foudre (Statistique des coups de foudre en France pendant le premier semestre de 1883). 492
Fusil électrique Petronel. 177

G

Galvanomètre (Voir aussi ampèremètre, voltmètre, indicateurs, boussoles).
— des tangentes — *Kohlrausch*. 333
— à miroir Thomson-Carpentier. 325
— à miroir apériodique de D. Ebel. 406
— Sa graduation. — *A. Minet*. 504
Gaz et éclairage électrique. 253
Gouvernail de contrôle pour les torpilles de Scheel 217

H

Horloge électrique de G. Herotizky. 453
— de M. Winbauer. — *E. Sartiaux*. 91

I

Inclinaison magnétique (Sa détermination avec la boussole à induction). — *Wild*. 253
Indicateur électrique de niveau dans les chaudières. — *F. May*. 212
— d'intensité et de potentiel de Crompton et Kapp. 403
— Schœfer et Montanus pour bureaux téléphoniques. 408
Induction sur les circuits téléphoniques. — *Smilhe*. 448
— dans le phénomène de Hall. — *Shelfad-Bidwell*. 455
— dans les machines dynamo. — *Isenbeck, S.-P. Thompson* 542
Intégrateurs électriques de Sir William Thomson. — *G. Richard* 171
Intensités magnétiques — Leur mesure. — *Uppenborn-Pfannkuche* 306
Intercommunication électrique entre les voitures d'un train. — *G. Richard*. 123

L

Lampe Abdand Abakanowicz 479
— Archereau. 170

Pages

Lampe Binks. 203
— Clostermann 479
— Chapman 204
— Deleuil. 205
— De Puydt. 211
— Egger et Kremenesky. 479
— Foucault. 170
— Gérard. 484
— Gravier. 479
— Jaspar. 205
— Zipernowsky 479
— Lacassagne et Thiers. 204
— Lamberg 479
— Le Molt. 202
— Piette et Krizik 484
— Roberts 202
— Serrin 206
— Slater et Watson. 202
— Soleil. — *A. Guerout* 93
— Staite. 166
— Way 205
Lampe à incandescence Edison. 181
— (Sa construction). 450
— Cruto. — *H. Gœtz*. 207
— à filaments de charbon. — *Th. du Moncel* 181
— Swan. 452
— Muller. 452
— Siemens et Halske. 452
— Brush. 452
Lampes électriques à l'Exposition de Vienne. . . 479
Lumière électrique (sa répartition). — *P. Clémenceau* 149-244
Loi de Joule (sa vérification). — *P. Garbe*. 490
— *A. Reinish*. . . . 332
Loi de Faraday. — *Bouty, Wurtz*. 330
— *Berthelot* 330
— *Wurtz*. 409

M

Machines à vapeur rapides. — *G. Richard*. 386, 426, 465 et 563
— d'Armington 563
— de John Bourne 570
— de Fenby. 567
— de la General Engine and Boiler Co 570
— d'Ide. 571
— de Porter-Allen 465
— de Sweet. 565
— de Vallet 572
— de Warral Elwell. 572
— de Welch. 568
Machines dynamo-électriques (leur théorie). — *R. Clausius* 224-273
— à l'Exposition de Vienne 393-436
— Leurs récents progrès, par S.-P. Thompson. — *Aug. Guerout* 540
Machine dynamo de Bürgin 436
— de Bright. 550
— de Cabella 550
— de Krotlinger. 436
— d'Elphinstone et Vincent. 436
— d'Egger et Kremeneski. 436
— de Fein 436
— de Forbes. 550
— de Gérard. 436
— de Gramme. 436

Pages

Machine dynamo de Lever 550
— de Hochausen 547
— de Schuckert-Mordey 548
— de Schwerd et Scharnweber. 436
— de Siemens. 436
— de Thompson. 550
— de Sir William Thomson. — *F. Geraldy*. . 307
— Victoria. 548
— de Weston. 547
— multipolaire de Gramme. — *P. Clemenceau*. 271
— **alternative** de Ganz-Zipernowski 393
— de Chertemps. 393
Machine à voter de M. Saint-Ange Davillé. — *O. Kern*. 354
Magnétique (Mesure de l'inclinaison). — *Wild*. . . 253
— (Appareils pour mesurer dans les machines l'intensité). — *Uppenborn-Pfannkuche* . 366
Magnétisme. — Recherches du professeur Hughes 526
Magnétisme terrestre (Appareils de M. Mascart pour l'étude du). 367
Marégraphe électrique. — V. Hefner-Alteneck.
— — *B. Marinowitch*. 350
Médicaux (Appareils) à l'Exposition de Vienne. . . 518
Mesure des courants électriques. — *Lord Rayleigh*. 573
Mines électriques. — *Th. du Moncel*. 301
Mesures électriques (Les instruments de). — *M. Deprez*. 461
— (Appareils de) à l'Exposition de Vienne. 288-323-365
Mesureur d'énergie de Siemens. 292
— par *M. Deprez*. 223
Microphone d'Argy. 518
Montres (leur aimantation). — *Forbes*. 447

O

Ohm (sa détermination) 331
Ombres électriques. — *H. de Rothe* 423
Ondulateur danois 517
Orages dans la Haute-Italie. — *A. Angot* 77
Orage et coups de foudre à Amiens. — *C. Decharme* 551

P

Paratonnerres de M. Melsens. 175
Phénomène de Hall. — *Shelford Bidwell* 455
Photométrie (comparaison photométrique des sources usuelles diversement coloriées). — *J. Macé de Lépinay* 295
Pile de Skrivanow. 331
— de Holmes et Burke 174
— thermo-électrique (expérience sur la). — *Von Walthenhofen*. 175-296
Piles (enregistreur du travail des). — *Redier*. 327
— — *Marcillac* 327
— secondaires. Voy. accumulateurs.
— à l'Exposition de Vienne 487
Pont de Wheatstone à mètre divisé de S.-S. Thompson 446
Pont différentiel à induction de Boudet de Pâris 518

Pages

Potentiel (sa distribution dans une masse liquide). — *Appell et Chervet* 491
Pouvoir isolant et résidus électriques de la benzine. — *Hertz* 134
Production de l'électricité (nouveau mode de). — *A. Kendall*. 405
Progrès de la science électrique en 1883. — *Th. du Moncel* 4-101

R

Résistance électrique (voir aussi ohm, pont de Wheatstone).
Résistance électrique des liquides et leur coefficient de frottement intérieur. — *E. Wiedemann*. 177
— et force électromotrice des piles. — *Ad. Minet*. 269-504
— (appareils pour mesurer la). — *Carpentier*. 365
— — *Kohlrausch* 365
— — *Siemens* 365
— (ses variations dans un fil librement tendu). — *L. Weber*. 130
— (fabrication des bobines de). — *S.-P. Thompson*. 446
— (Bobines étalons de) 574

S

Sémaphore pour chemins de fer Hohenegger. . . . 155
— — Schæffler. 155
Signaux électriques de chemins de fer. — *M. Cossmann* . . . . . 155, 105, 190, 230 et 283
Sonnerie électrique à action lente de Schæfer et Montanus 407

T

Télégraphie (travaux de F. Salva sur la). — *H.-V. Browne*. . . . . 248, 286 et 316
— à bord des feux flottants. — *W. Christiani* 374
— **et Téléphonie** à l'Exposition de Vienne. 516
Téléphone appliqué au scaphandre. — *Des Portes*. . 378
— (son invention attribuée à Drawbaugh). 406-523
— à dérivation magnétique Carpentier. 575
— Goloubitzky. 518
— Bœttcher 518
— Blake 518
Téléphoniques (communications). — *Zetzsche*. . . . 448
— (induction sur les circuits téléphoniques). — *Smillie* 448
— (indicateur Schæfer et Montanus pour bureaux) 408
Téléphonographe Giltay 575
Telphérage électrique de F. Jenkin, Ayrton et Perry. — *F. Geraldy*. 126
Thermo-avertisseur Tommasi. 202
Thermographe avertisseur d'incendie et des changements de température de Lechne et Lerksch. . 406

Pages

Tissage électrique. — *Th. du Moncel* 141
— Bonelli. 142
— Maumené 142
— Pascal et Mathieu 147
— Gand. 142
— Régis 142
Torpilles (gouvernail pour). 217
Tourniquet électrique comme instrument de mesure. — *Kæmpfer.* 174

Pages

Transport électrique de la force, système Deprez. — *F. Geraldy.* 46
— et distribution, M. Deprez 7
— Sa théorie. — *R. Clausius* 510

V

Voltmètres d'Ayrton et Perry 374

PARIS. — IMPRIMERIE P. MOUILLOT, 13 QUAI VOLTAIRE. — 16864

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 046382484